

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Форма навчання Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Марущак Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання цеху підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конструкції підлогової зливко-виштовхувальної машини

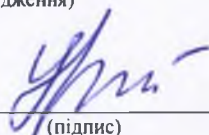
(повна назва теми)

за матеріалами

Цех підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор
(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

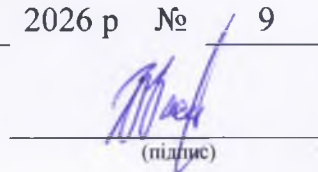
Учитель О. Д.
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор
(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський
(ініціали, прізвище)

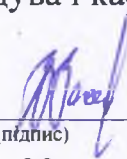
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІГМ


(підпис) проф., д.т.н., Засельський В. Й.
(посада, вчене звання, прізвище ініціали)
« 20 » ЖОВТНЯ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Марущак Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра
Механічне обладнання цеху підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конструкції підлогової зливко-виштовхувальної машини

керівник кваліфікаційної роботи магістра Учитель О. Д., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва цеху підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика підлогової зливко-виштовхувальної машини, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;

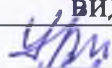

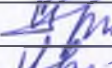

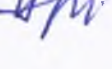

4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*4 аркуші формату А1 складальний кресленик: підлогова зливко-виштовхувальна машини, механізм зливко-виштовхувальної машини, гідроциліндр, маслостанція;
1 аркуші формату А1 кресленик деталей: важіть, тяга.*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2.	Основна частина	15.12.2025	вик.
3.	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4.	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5.	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6.	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7.	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	

Здобувач


(підпис)

Марущак В. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Учитель О. Д.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екз	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знов розроблена			
5						
6	A1	KPM.133.26.02.00.000 СК	Складальне креслення	1		
7	A4	KPM.133.26.02.ПЗ	Пояснювальна записка	84		
8						
9			Документація по			
10			складальним одиницям			
11						
12			Знов розроблена			
13						
14	A1	KPM.133.26.02.03.000 СК	Механізм зливко-виштовхувальної машини			
15			Складальне креслення	1		
16	A1	KPM.133.26.02.04.000 СК	Гідроциліндр			
17			Складальне креслення	1		
18	A1	KPM.133.26.02.02.000 СК	Маслостанція			
19			Складальне креслення	1		
20	A1	KPM.133.26.02 СГ	Підлога зливко-виштовхувальна машина			
21			Схема гідравлічна	1		
22						
133.26.02.KPM						
Изм.	Лист	№ док.им.	Пода	Дата		
Разрад.	Марушак			12.01.26	Лит.	Лист
Пров.	Учитель			12.01.26		Листов
Н.контр.	Учитель			21.01.26		1
Утв.	Засельський			23.01.26		2
Підлога зливко-виштовхувальна машина					ННТІ ДУЕТ	
Відомість кваліфікаційної роботи магістра					кафедра ІГМ	
Копирвал					гр. ЗГМ-24м	
					Формат А4	

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ ЕКЗ	Примітки
23						
24			Документація по деталям			
25						
26			Знов розроблена			
27						
28	A2	KPM.133.26.02.03.002	Важіль	1		
29	A2	KPM.133.26.02.03.003	Тяга	1		
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						

Інв. № подл.
 Подп. и дата
 Взам. інв. №
 Інв. № дубл.
 Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

133.26.02.KPM

Лист
2

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра : 84 стор., 21 рис., 10 табл., 20 джерел.

Об'єкт розробки - конструкція підлогової зливко-виштовхувальної машини цеху підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ціль розробки: підвищення надійності роботи машини, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт за рахунок спрощення конструкції і зниження навантажень на гідроциліндри.

Метод досліджень – аналітичний – визначення навантажень в механізмі виштовхування та розрахунки параметрів гідроприводу.

Запропонована конструкція підлогової зливко-виштовхувальної машини з гідравлічним приводом. Визначено необхідну потужність електродвигунів, а також параметрів гідроциліндру.

Розглянуто організацію ремонтних робіт на підприємстві, методи монтажу і контролю при монтажі деталей і вузлів механізмів машини. Запропоновано заходи щодо організація безпечного виробництва при експлуатації, обслуговуванні і ремонті машини.

Запропонована модернізація машини дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики машини, усунути зношення деталей механізму виштовхування.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції підлогових зливко-виштовхувальних машин.

Ключові слова: ПІДЛОГОВА ЗЛИВКО-ВИШТОВХУВАЛЬНА МАШИНА, ВИШТОВХУВАННЯ ЗЛИТКІВ, ГІДРОЦИЛІНДР, НАДІЙНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика цеху підготовки составів	9
1.2 Призначення та область застосування підлогової зливко-виштовхувальної машини	13
1.3 Технічна характеристика	14
1.4 Опис базової конструкції	14
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків	19
1.6 Формування мети та задач для її досягнення	19
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	20
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	20
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	30
2.3 Аналітичні розрахунки	34
2.3.1 Розрахунок навантажень і визначення початкових даних для розрахунків	34
2.3.2 Розрахунок і вибір електродвигуну	36
2.3.3 Силовий і кінематичний аналіз механізму	37
2.3.4 Розрахунок і вибір елементів гідравлічної схеми	38
2.3.5 Розрахунок і вибір муфти	41
2.3.6 Розрахунок стінок і днища гідроциліндра	43
2.3.7 Розрахунок гідроциліндра на стійкість	44
2.3.8 Розрахунок шарнірів	46
2.3.9 Розрахунок важелів	49
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	51
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту	51
2.4.2 Технологічна карта монтажу	56
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	61
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	64

	7
2.4.5 Змашення	65
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	70
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	70
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей	72
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	74
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	76
3.3 Пожежна профілактика	77
ВИСНОВОК	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Необхідність інтеграції питань зменшення собівартості продукції та підвищення її якості зумовлена сучасними вимогами успішної діяльності підприємств.

У цієї кваліфікаційній роботі магістра запропонована конструкція підлогової машини з гідравлічним приводом для виштовхування злитків. Вона забезпечує підвищену стабільність роботи, оптимізуючи процеси виштовхування злитків із виливниць, збільшуючи потужність механізму та підвищуючи надійність обладнання. Це сприяє зменшенню витрат на ремонт і загальній економічній ефективності.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху підготовки составів

Цех підготовки составів (рис. 1.1) забезпечує обслуговування сталеплавильних цехів, які здійснюють розливання сталі у виливниці (мартенівський та конвертерний). У цьому цеху виконуються такі технологічні операції [1,2]:

1. Відділення роздягання злитків (рис. 1.2 та 1.3) відповідає за роздягання злитків після розливання та охолодження сталі в розливних прольотах сталеплавильних цехів. Для цього відділення оснащено трьохопераційними стріперними кранами з робочим зусиллям 2500-500/250 кН, призначеними для зняття злитків спокійної та киплячої сталі (відповідно розширених догори і донизу). Окрім того, для роздягання злитків, які приварилися до виливниць, використовується стаціонарна машина із підвищеним зусиллям виштовхування до 6000 кН.

2. У відділенні очищення та змащування виконується очищення та змащування виливниць для належної підготовки їхніх робочих поверхонь до процесу формування составів. Покращення якості поверхні злитків сприяє збільшенню якості прокатної продукції та виходу придатної продукції. Очищення може здійснюватися механічним або гідравлічним способом. Гідравлічний метод має високу продуктивність, дозволяючи очищати виливниці будь-якої форми за допомогою струменів води під тиском до 5 МПа. Однак, недоліком такого підходу залишається ймовірність утворення мікротріщин на поверхні виливниць через швидке охолодження [1].

3. Формування составів із виливницями виконується у відділенні підготовки составів.

4. Складування злитків та металургійного обладнання проводиться на складах злитків.

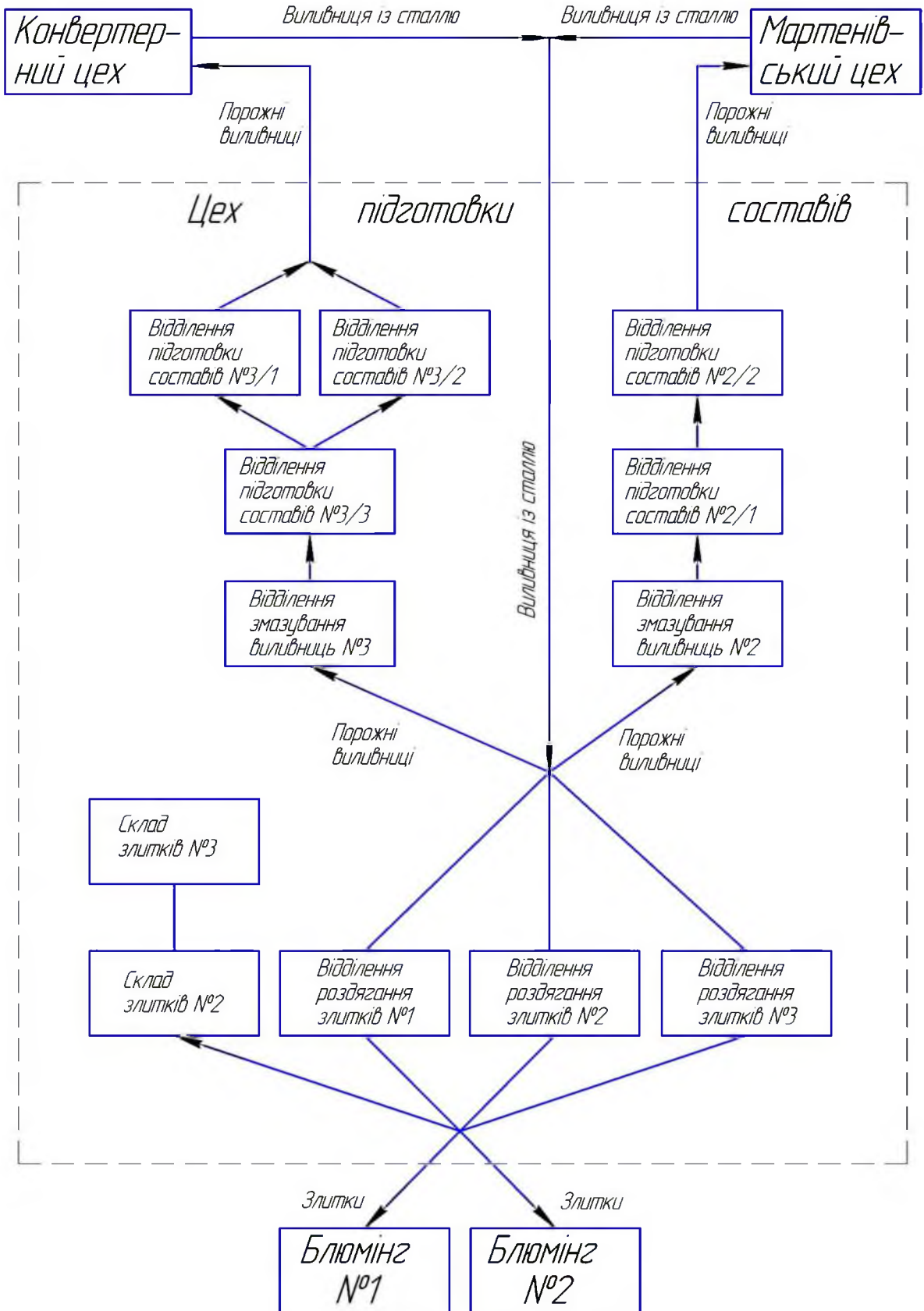


Рис. 1.1 Структурна схема цеху підготовки составів

Джерело: розроблено із використанням [1]

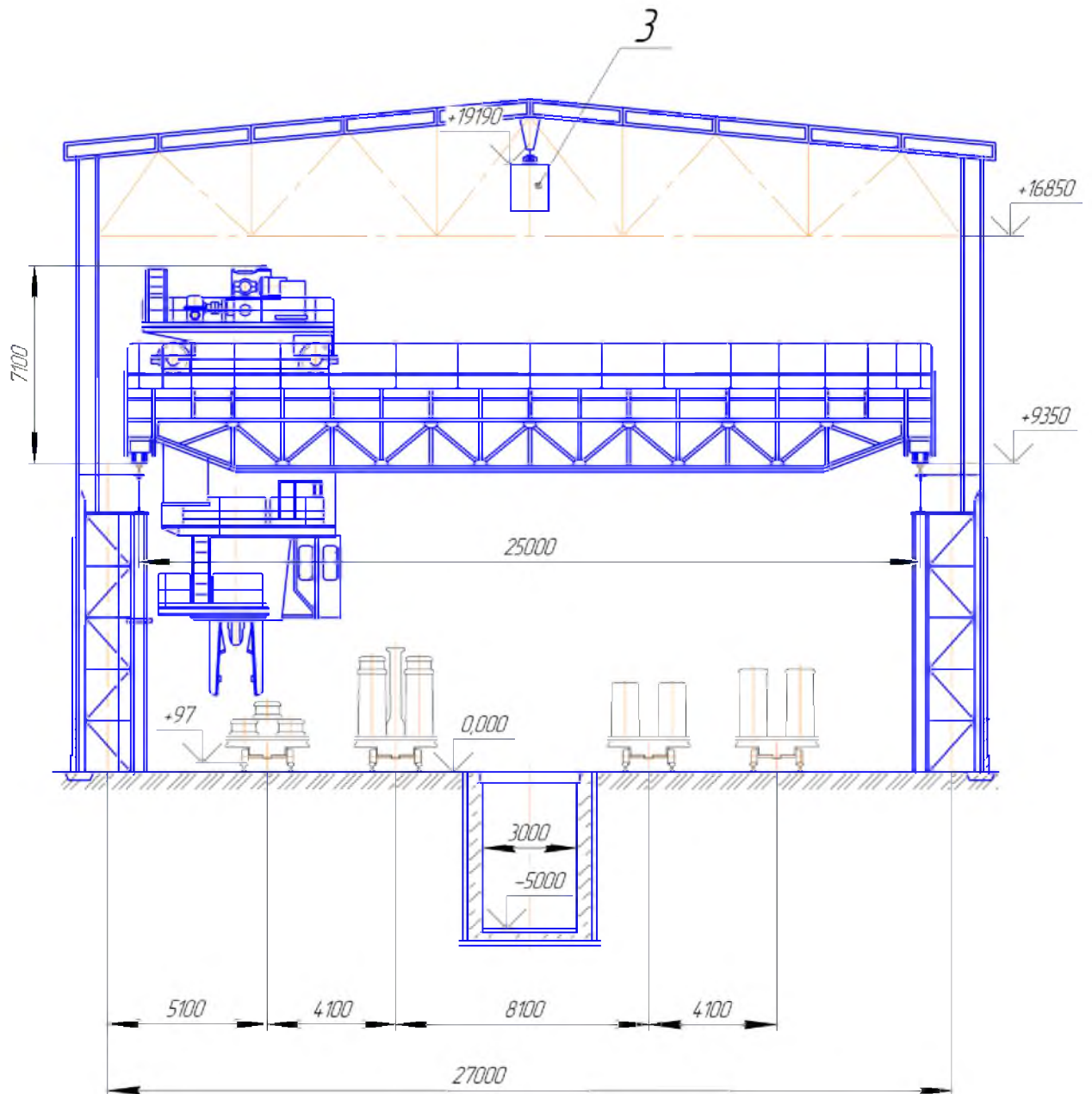


Рис. 1.2 Розріз відділення роздягання злитків

- 1 – кран для роздягання злитків РС – 250 – 50/20;
 2 – підлогова машина для виштовхування злитків із зусиллям $P_{с.д} = 6,0 \text{ } \dot{I} \dot{I}$;
 3 – монорельсовий візок вантажопідйомністю $Q_m = 0,1 \text{ МН}$

Джерело: розроблено із використанням [1]

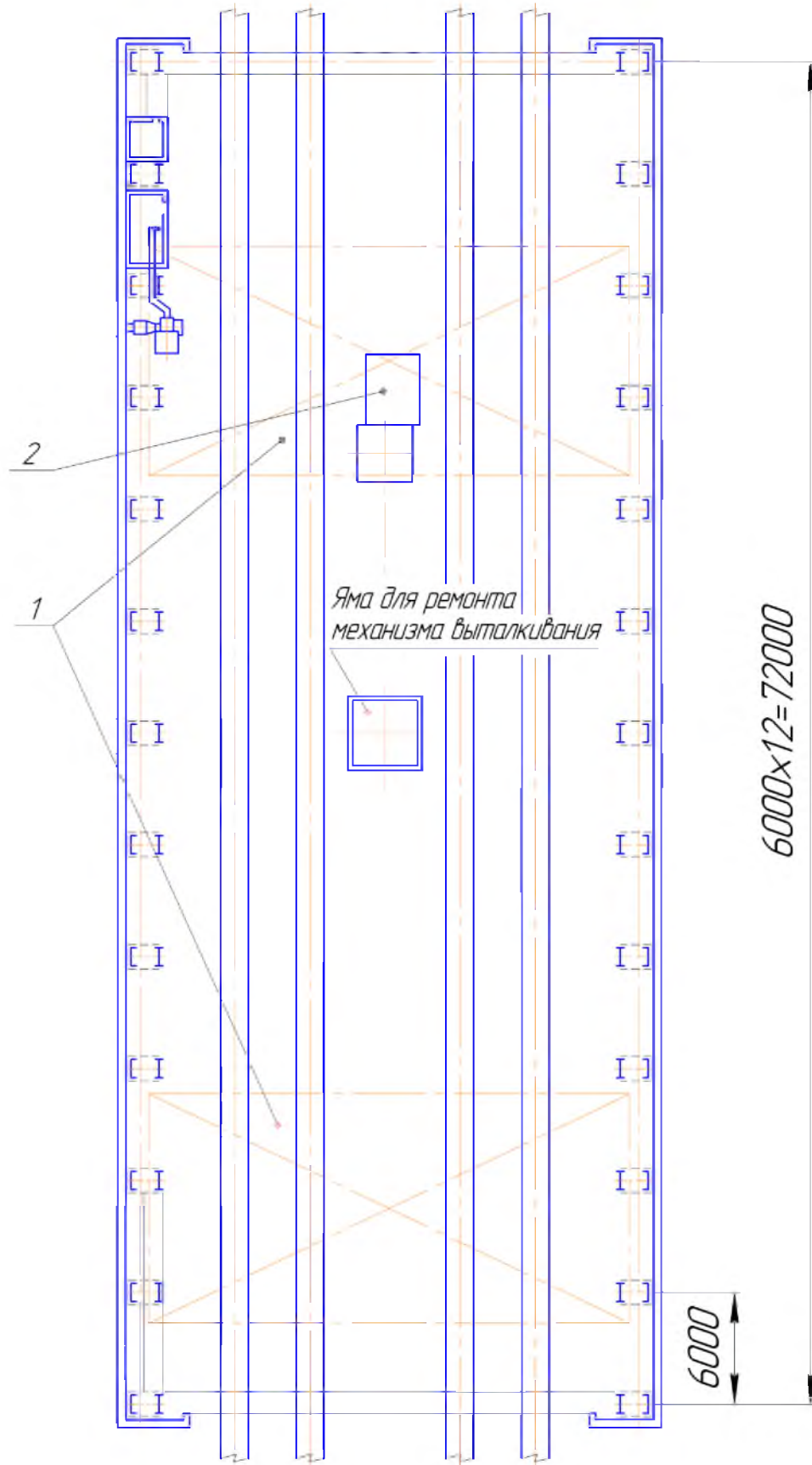


Рис. 1.3 План відділення роздягання злитків (позначення на рис.1.2.)

Джерело: розроблено із використанням [1]

Відділ зняття злитків зі шлакових форм:

1. Крани для стріперних операцій
2. Стационарна установка для відокремлення злитків, що прилипли до

виливниць

3. Монорейковий візок
4. Вентиляційне обладнання

Відділ очищення та змащування виливниць:

1. Гідравлічна система для очищення виливниць
2. Механічне обладнання для очищення виливниць
3. Пристрій для підігріву змащувальної суміші
4. Система для нанесення мастила на виливниці

Відділ підготовки складальних вузлів:

1. Конвеєрна система подачі вогнетривких матеріалів
2. Конвеєрна система для прибирання сміття
3. Електромостові крани
4. Піч для сушіння центрових елементів
5. Стіл для складання форм під верхнє розливання
6. Стіл для складання форм під сифонове розливання

Склад готових злитків:

1. Електромостові крани
2. Залізничні ваги

1.2 Призначення та область застосування підлогової зливко-виштовхувальної машини

Після витримки в розливному прольоті сталеплавильного цеху, склади з виливницями та злитками транспортують до спеціального стріперного відділення, призначеного для вилучення злитків із виливниць [1].

Основним устаткуванням стріперних відділень є триопераційні крани, які виконують функцію відокремлення злитків від виливниць. Через конусну

форму і зменшення об'єму сталі під час охолодження більшість злитків самостійно виходять з виливниць під дією власної ваги. Однак, для деяких з них необхідно застосувати значні зусилля для вилучення [4].

Стаціонарні машини для витискання злитків із виливниць розроблені спеціально для роздягання злитків із відкритих або глухопрохідних виливниць, розширених до верхньої частини, які неможливо було роздягнути за допомогою стріперного крану.

Далі наведено технічні характеристики, конструкцію та принцип роботи стаціонарної підлогової машини для роздягання злитків, яка використовується в цеху підготовки составів ПАТ «АМКР».

1.3 Технічна характеристика

Сила виштовхування:	6000 кН
Хід штемпеля:	990 мм
Тривалість циклу виштовхування:	2,7 хв
Характеристики насоса гідросистеми механізму виштовхування:	
– Тип:	поршневий
– Тиск:	20 МПа
– Продуктивність:	20 л/хв
– Потужність електродвигуна:	75 кВт
Характеристики насоса гідросистеми механізму повороту рицини:	
– Тип:	лопатевий
– Тиск:	6,5 МПа
– Продуктивність:	70 л/хв
– Потужність електродвигуна:	6,5 кВт

1.4 Опис базової конструкції

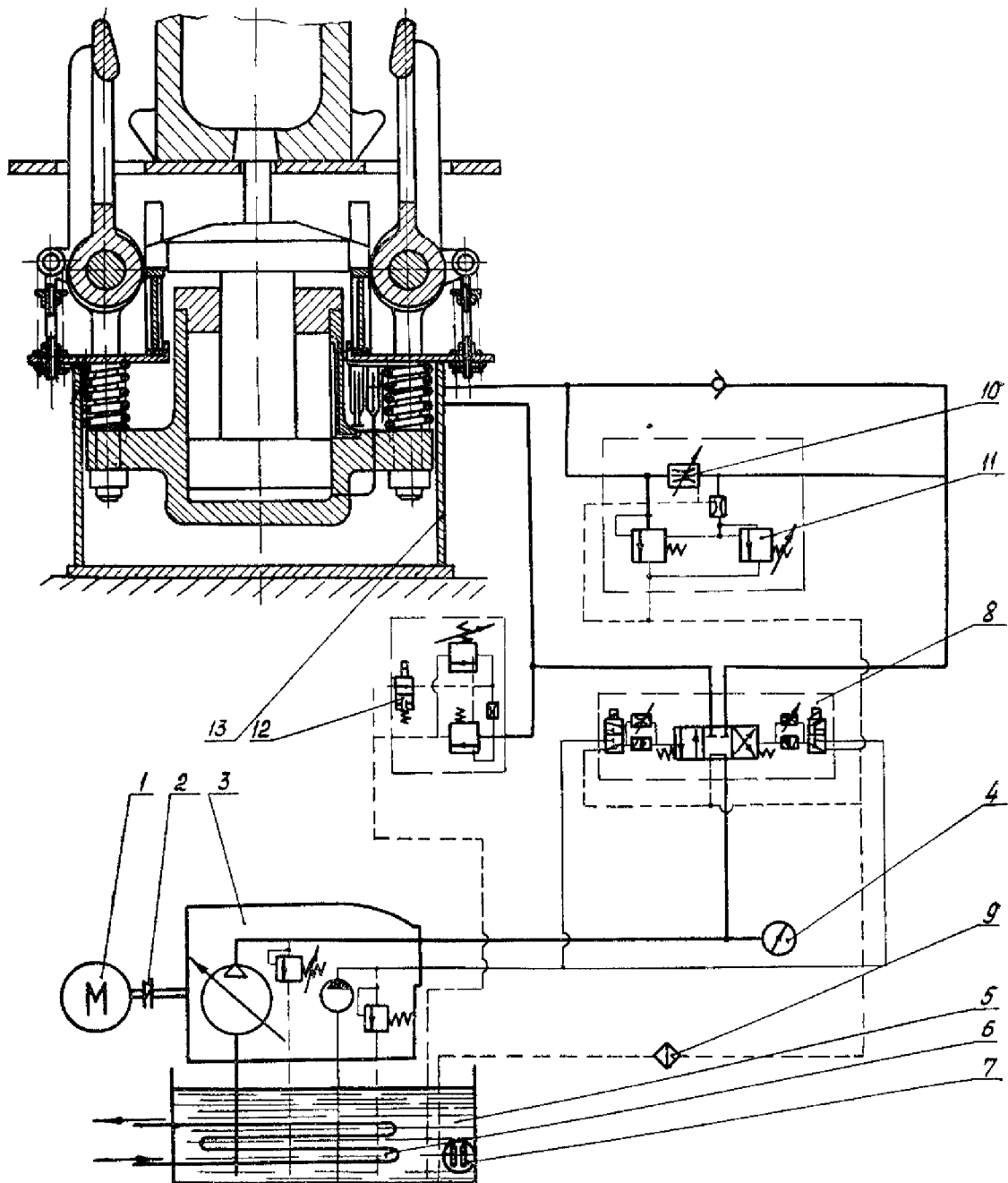
Стаціонарні машини залежно від характеру приводу виштовхуючого механізму класифікуються на електромеханічні та гідравлічні.

У сучасній машинобудівній промисловості випускаються переважно стаціонарні машини з гідравлічним приводом. У цеху підготовки сумішей ПАТ «АМКР» експлуатується саме така машина з гідравлічним приводом. Конструкція машини складається з двох основних вузлів: насосної установки та виштовхуючого пристрою [2].

Насосна установка (рис. 1.4) включає радіально-поршневий насос (поз. 3), який приводиться в дію електродвигуном (поз. 1) через пружну муфту (поз. 2). Контроль рівня тиску здійснюється за допомогою манометра (поз. 4). Роботу системи управління потоками робочої рідини (олії) забезпечує трипозиційний реверсивний золотник (поз. 8) з електрогідравлічним управлінням.

Робоча рідина спрямовується у верхню або нижню порожнину циліндра виштовхуючого пристрою (поз. 13), або зливається у бак (поз. 5). Бак оснащений змієвиком-холодильником (поз. 6) та електронагрівачем (поз. 7), що забезпечують стабільну роботу системи при різних температурних режимах. Для очищення оливи використовується магнітний фільтр (поз. 9). Насос з електричним приводом закріплений на кришці зливного бака.

У масляній магістралі, що подає оливу у верхню порожнину циліндра, розташовані зворотний клапан (поз. 10) та дросель (поз. 11), обладнаний регулятором і запобіжним клапаном. Головне призначення дроселя – регулювання швидкості опускання циліндра для забезпечення рівномірності роботи механізму [3].



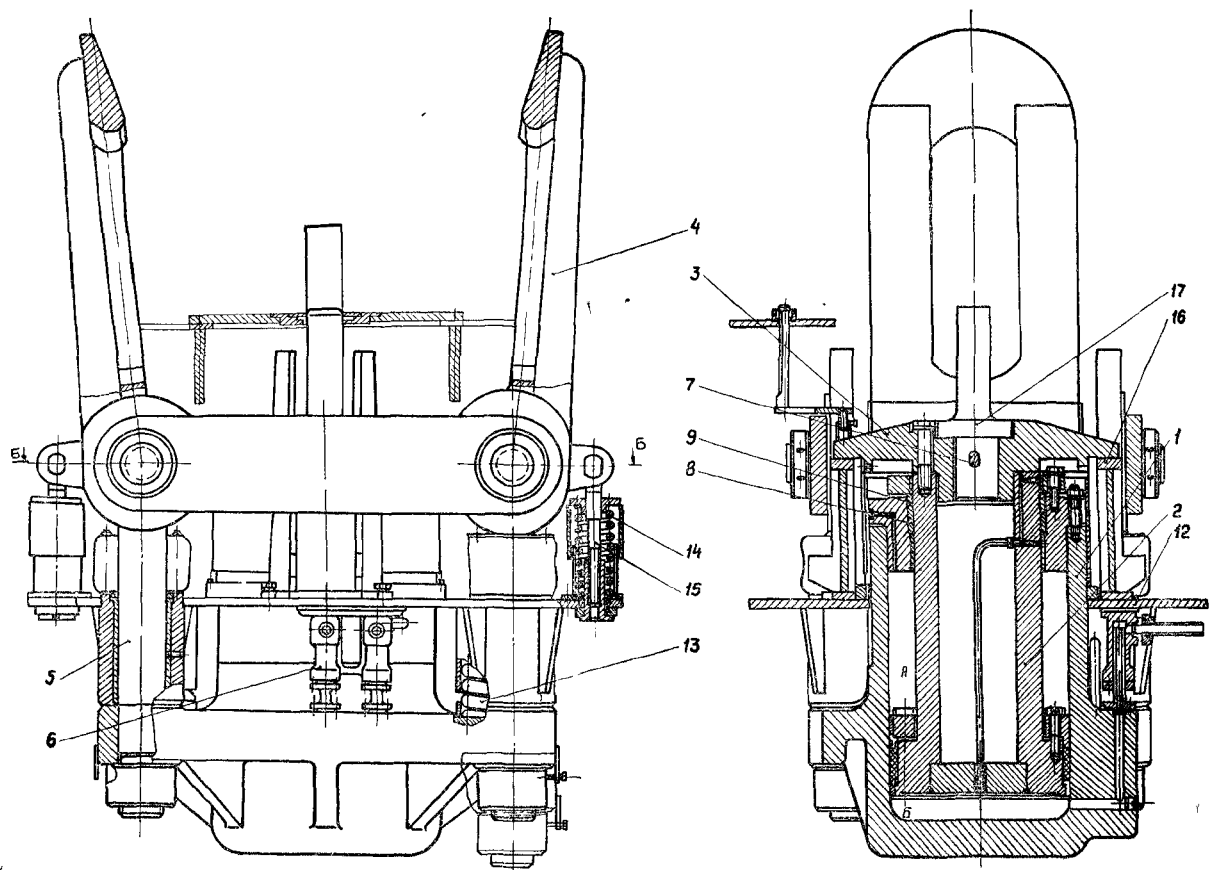
**Рис. 1.4 Насосна установка стаціонарної машини
для виштовхування злитків**

1–електродвигун; 2–муфта пружня; 3–насос радіально-поршневий;
4– манометр; 5–бак; 6–змійовик-холодильник; 7– електронагрівач;
8–золотник трипозиційний реверсивний; 9–фільтр магнітний;
10 – клапан зворотний; 11 – дросель; 12 – клапан запобіжний

Джерело: розроблено із використанням [2]

У трубопровід, який призначений для подачі масла в нижню камеру циліндра, інтегровано запобіжний клапан 12 із електромагнітним керуванням. Цей клапан забезпечує розвантаження робочої магістралі, коли поршень знаходиться у верхньому положенні [2].

Виштовхуючий механізм (див. рис. 1.5 – 1.6) складається з циліндра (1), поршня (2) з головкою (3) і штемпелем (17), корпусу-рицини (4), чотирьох направляючих тяг (5), а також системи для подачі рідини (масла) (6).



**Рис. 1.6 Виштовхуючий пристрій, розріз Б-Б по рис.2.2
(позначення по рис.2.2)**

Джерело: розроблено із використанням [2]

Шток з'єднаний із головкою поршня за допомогою клина 7. Ущільнення між поршнем і кришкою циліндра забезпечується манжетами 8, регулювання яких здійснюється за допомогою натискних кілець 9. Ричина закріплена на вісах 10, з'єднаних планками 11.

Весь механізм встановлюється на кришці 12 рами машини. У початковому положенні циліндр знаходиться у верхній точці свого ходу, а рицина, яка пов'язана з ним через тягу 5, перебуває у розведеному стані. Поршень опущений донизу [2].

Коли масло з верхньої порожнини «А» циліндра зливається в бак, а одночасно подається в нижню порожнину «Б», циліндр починає опускатися під дією тиску масла, стиску пружин 13, а також власної ваги. У процесі цього руху циліндра рицина, стискаючи пружини 14 регульованої тяги 15, зближується та захоплює виливницю за її виступи. У цей момент опускання циліндра припиняється, а масло, що далі нагнітається під тиском в нижню порожнину, змушує поршень разом із штоком рухатися вгору. При цьому шток проходить через отвір у дні виливниці, упирається в злиток і виштовхує його.

Після завершення процесу виштовхування злитка, кінцевий вимикач автоматично переводить трипозиційний золотник 8 (на рис. 1.4) у режим подачі масла до верхньої порожнини циліндра «А». Це спричиняє опускання поршня до моменту, коли його головка впирається у кронштейни 16, які блокують його подальший рух вниз. У результаті подальшого закачування масла до порожнини «А» штат циліндра разом із рициною починає підніматися вгору. Одночасно пружини 13 змушують рицину рухатися вгору до зіткнення головок тяги 15 із кришкою 12. Після цього, в процесі підйому циліндра, під дією пружин 14 відбувається розведення рицини.

Коли циліндр сягає свого крайнього верхнього положення, спрацьовує кінцевий вимикач, який зупиняє привід насоса та повертає трипозиційний золотник 8 (на рис. 1.4) у нейтральне положення. Масло при цьому залишається у верхній порожнині циліндра «А», утримуючи рицину у розведеному стані.

Таким чином, завершено повний цикл виштовхування злитка, і установка готова до обробки наступної виливниці.

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

Основними мінусами чинної конструкції підлогової стаціонарної машини для виштовхування злитків є:

- складність конструктивного виконання;
- недостатня сила для виштовхування;
- обмежена надійність у роботі;
- значні витрати на ремонт і технічне обслуговування.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Аналіз недоліків у роботі підлогової зливко-виштовхувальної машини вказує на потребу розробки нових технічних рішень, спрямованих на усунення виявлених проблем у конструкції обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз стану існуючих інноваційних рішень з метою пошуку нових інженерних рішень.
2. Вибрати технічні варіанти, які відповідатимуть вимогам модернізації машини, з належним обґрунтуванням їх доцільності.
3. Виконати відповідні технічні розрахунки, що засвідчуватимуть ефективність запропонованих рішень.
4. Розробити план заходів з обслуговування й ремонту модернізованого обладнання.
5. Підготувати основну конструкторську документацію для оновленої версії підлогової зливко-виштовхувальної машини.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

На сьогоднішній день вилучення злитків, які пристали до внутрішньої поверхні виливниць, здійснюється за допомогою підлогових машин із механічним або гідравлічним приводом. Величина необхідного зусилля залежить від розмірів виливниць і ступеня приварювання злитків, варіюючись у межах від 4 МН до 16 МН.

Для зазначеного діапазону тиску були розроблені підлогові машини з номінальною потужністю 4 МН, 6 МН, 10 МН та 16 МН, що призначені для виштовхування злитків із виливниць із конічним розширенням догори. Ці машини широко застосовуються в сталеплавильних цехах.

У порівнянні з електромеханічними пристроями (гвинтовими або такими, що оснащені плаваючим ексцентриковим валом), гідравлічні машини демонструють більшу надійність у роботі, меншу чутливість до перевантажень приводу та можливість забезпечення великих зусиль без значного збільшення загальної маси обладнання.

Ключовими складовими конструкції гідравлічних машин для виштовхування злитків є:

- рухома штанга (шток), що використовується для виштовхування злитка з виливниці;
- привод у вигляді гідравлічного циліндра;
- насосна установка;
- захоплювальні механізми для фіксації виливниць.

Аналіз патентної інформації показує, що подальший розвиток технологій у сфері виробництва машин для виштовхування злитків орієнтується на такі напрями:

- розширення асортименту оброблюваних злитків;

- удосконалення конструкцій з метою підвищення надійності та довговічності вузлів і компонентів.

Метою винаходу [5] є вдосконалення процесу виштовхування злитка із виливниці, що розширюється донизу, задля підвищення його ефективності. Пристрій (рис. 2.1) складається з відкидного порталу 1, оснащеного приводом повороту 2. У верхній частині порталу знаходиться упор 3. У нахиленому положенні портал 1 спирається на кронштейн 4. Він встановлений на шарнірних осях 5 і закріплений на траверсах 6. У корпусі 7 розміщені циліндр 8 і двосторонній поршень 9. До верхньої частини поршня 9 приєднана упорна шайба 10. Також у корпусі 7 встановлена опора 11. Зв'язок порталу 1 із траверсами 6 забезпечується за допомогою тяги 12, яка взаємодіє з циліндром 8. Штанги, у свою чергу, пересуваються в направляючих втулках 13.

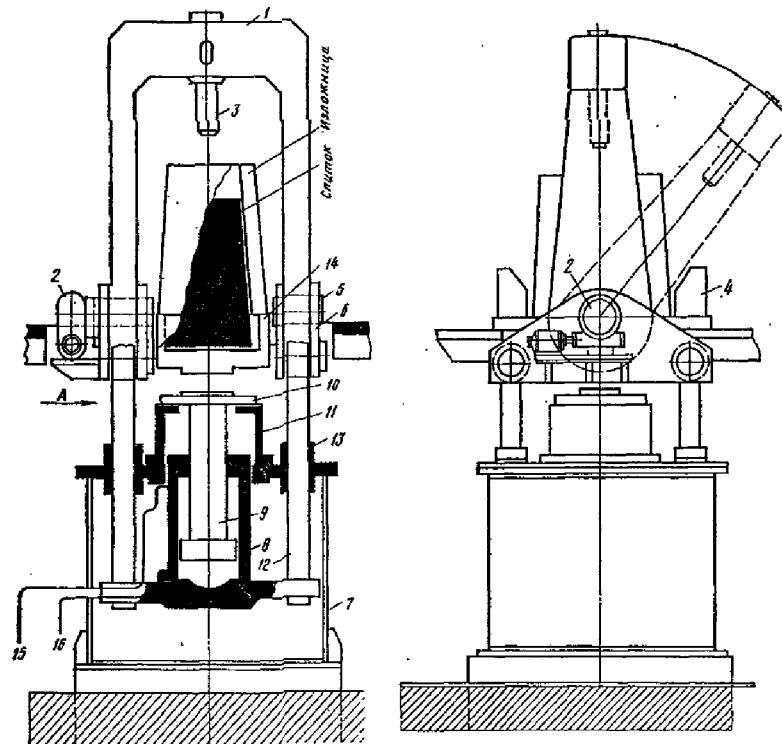


Рис. 2.1 Пристрій для виштовхування злитка з виливниці

- 1 – портал; 2 –привод повороту; 3 – упор; 4 – кронштейн; 5 – вісь;
6 –траверса; 7 –корпус; 8 –циліндр; 9 – поршень; 10 –шайба упорна;
11 –опора; 12 –тяга; 13 –втулка; 14 –плита опорна

Джерело: розроблено із використанням [5]

Пристрій функціонує наступним чином. Виливниця зі злитком встановлюється за допомогою крана на опорну плиту 14. При цьому портал 1 знаходиться у відкинутому положенні, підтримуваному тягою 12. Масло з насосної установки подається через трубопровід 15 у верхню порожнину циліндра 8. Поршень 9 опускається вниз, доки упорна шайба 10 не сяде на опору 11. Після цього система, що складається з циліндра 8, тяги 12, траверси 6 та порталу 1, поступово починає підніматися у верхнє положення. Одночасно вмикається привід 2, який повертає портал 1 у вертикальне положення, розташовуючи його над виливницею зі злитком.

Через золотник відбувається реверс потоку масла в насосній установці і змінюється її напрямок. Масло по трубопроводу 16 надходить у нижню камеру циліндра 8, тоді як верхня камера відкривається для зливу масла в бак насосної установки. Під впливом тиску в нижній камері циліндра 8 поршень 9 починає переміщуватися вгору, досягаючи верхнього положення, де упирається в плиту 14.

Система, що складається з циліндра 8, тяги 12, траверси 6, порталу 1 і упору 3, починає опускатися в нижнє положення. Упор 3 фіксується на злитку, а поршень 9 впирається у плиту 14. У цей момент сили врівноважуються, і починається процес витіснення злитка з виливниці, який переміщується у спеціальне заглиблення в плиті 14. Після завершення процесу витіснення масло через золотник змінює напрямок і подається через трубопровід 15 у верхню порожнину циліндра 8, тоді як нижня порожнина відкривається для зливу. Поршень 9 опускається вниз і, спираючись шайбою 10 на опору 11, зупиняється. Після цього система, включно з циліндром 8, тягою 12, траверсою 6 і порталом 1, повертається у верхнє положення. Під час підйому портал 1 повністю витягується із порожнини виливниці разом із упором 3. Потім активується привід 2, який відводить портал 1 убік, де він фіксується на кронштейнах 4. Після цього видаляються виливниця і виштовхнутий злиток. На місце встановлюється нова виливниця із черговим злитком, і весь процес повторюється згідно з описаним алгоритмом.

Метою цього винаходу [6] є вдосконалення технологічних можливостей пристрою для виштовхування злитків із виливниць, що були у використанні. Пристрій дозволяє працювати зі злитками різної висоти та ваги без необхідності переналаштування рицини, а також забезпечує можливість ефективного виймання злитків із виливниць, розширених як донизу, так і догори.

Пристрій для виштовхування злитків із виливниць містить відкидний портал, позначений на схемі як елемент 1, який з'єднано з механізмом повороту 2. На порталі встановлено штовхач 3, призначений для виштовхування злитків із виливниць, що розширюються донизу.

У конструкції portalу передбачені отвори, в які на шарнірних опорах встановлена ступінчаста рицина 4. Ця рицина виконує функцію захоплення виливниць, розширених догори. Пружини (позначені як елемент 5) і циліндри 6 або аналоги сприяють повороту та підведенню рицини до виливниці для її захоплення перед процесом виштовхування злитка, а після завершення операції забезпечують повернення рицини у вихідне положення.

Портал 1 з'єднаний між собою за допомогою траверс 7 і штанг 8 із рухомим гідроциліндром 9, оснащеним поршнем двосторонньої дії 10. На поршні закріплений штовхач 11, призначений для вилучення злитків із виливниць, розширених догори, а також упор 12. На корпусі пристрою 13 встановлений опорний кронштейн 14. У отворі portalу 1 закріплена плита 15, яка слугує підставкою під виливницю. У плиті 15 передбачено спеціальне поглиблення для виходу злитків із виливниці, розширеної донизу. Залежно від типу оброблюваних виливниць у цьому поглибленні можуть бути встановлені змінні вставки 16. Для обслуговування виливниць обох типів — розширених догори і донизу — штанги 8 переміщуються у направляючих втулках 17. Постачання масла з насосної установки, обладнаної розподільним золотником, відбувається у верхню порожнину циліндра 9 через трубопровід 18, а в нижню порожнину — через трубопровід 19.

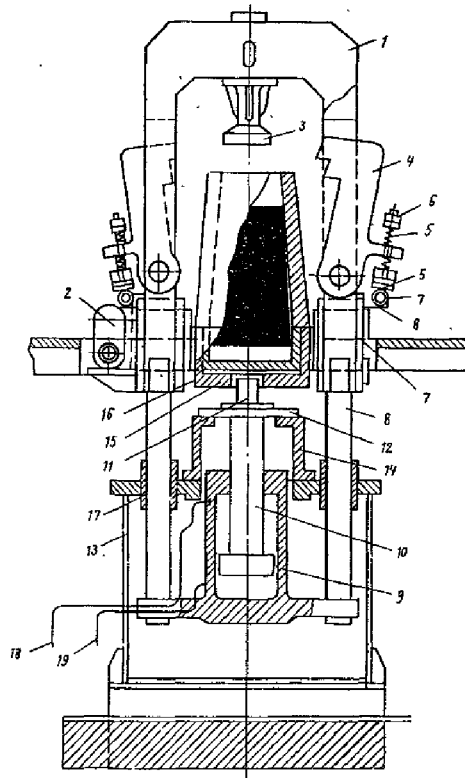


Рис. 2.2 Пристрій для виштовхування злитка з виливниці

1 – портал віткідний; 2 – механізм повороту; 3 – штовхач;
 4 – ступінчаста рицина; 5 – пружина; 6 – гідроциліндр; 7 – траверса;
 8 – штанга; 9 – гідроциліндр рухомий; 10 – поршень двосторонньої дії;
 11 – штовхач; 12 – упор; 13 – корпус; 14 – кронштейн опорний; 15 – плита;
 16 – вкладиші змінні; 17 – втулки направляючі;
 18, 19 – трубопроводи; 20 – кронштейн

Джерело: розроблено із використанням [6]

Процес роботи пристрою [7] під час виштовхування злитків з виливниць, розширених донизу, здійснюється за такою схемою.

Портал 1 перебуває у відкинутому положенні, в той час як ступінчаста рицина 4 знаходиться у відведеному стані. У поглибленні плити 15 розташовано вкладиш 16 із глухим дном. На плиту 15 встановлюється виливниця із злитком. Механізм повороту 2 активується для переведення

порталу 1 у вертикальне положення. Одночасно насосом подається масло через трубопровід 18 у верхню порожнину циліндра 9. Вся система, що складається з порталу 1, траверс 7, штанг 8 і гідроциліндра 9, починає підніматися у верхнє положення. Штовхач 3 розміщується над злитком. Після цього напрямок потоку масла змінюється за допомогою золотника і транспортується через трубопровід 19 у нижню порожнину гідроциліндра 9. Поршень 10 піднімається вгору до зіткнення зі дном вкладиша 16, а система разом із порталом 1, траверсами 7, штангами 8 і гідроциліндром 9 починає опускатися вниз. Штовхач 3 натискає на торець злитка, створюючи необхідну силу для підриву злитка та його подальшого виштовхування з виливниці, яка занурюється у поглиблення плити 15. Коли злиток успішно виштовхнуто, потік масла від насоса знову змінює напрям, подається через трубопровід 18 у верхню порожнину гідроциліндра 9, тоді як нижня порожнина відкривається на злив. Поршень 10 опускається вниз і впирається упором 12 в опорний кронштейн 14. Після повернення поршня у вихідну позицію система знову підіймається у верхнє положення, і штовхач 3 виходить із порожнини виливниці. Потім активується привід механізму повороту 2, який відводить портал 1 убік, фіксуючи його на кронштейнах 20. Виливниця та розподілений злиток видаляються, а на їх місце встановлюється нова виливниця зі злитком. Процес виштовхування повторюється відповідно до опису.

Описаний пристрій призначений для витягування злитка з виливниці. На рисунку 2.3 зображено пропонувану конструкцію в загальному вигляді.

Пристрій складається з основної станини, на якій шарнірно закріплені захоплювачі, гідроциліндри, що з'єднані із захоплювачами, і через двоплечі важелі взаємодіють із виштовхувачем.

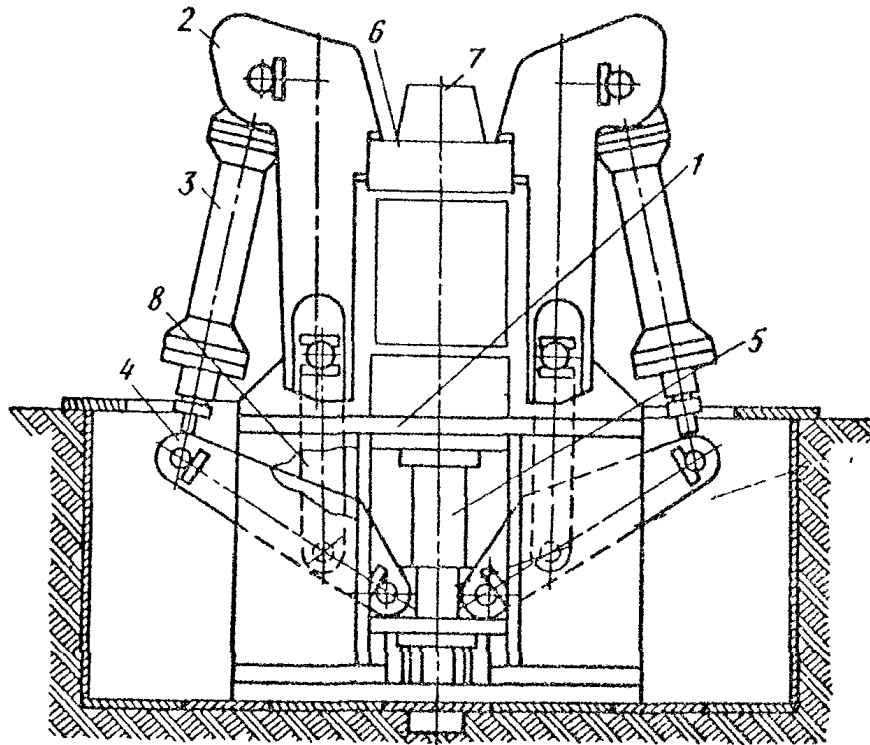


Рис. 2.3 Пристрій для виштовхування злитка з виливниці

1 – станина; 2 – захоплення; 3 – гідроциліндр; 4 – важелі двоплечі;
5 – виштовхувач; 6 – виливниця; 7 – злиток; 8 – сержка

Джерело: розроблено із використанням [7]

Принцип роботи пристрою наступний:

– після установки виливниці зі злитком у гніздо станини, гідроциліндри обертають двоплечі важелі за допомогою сержки навколо осей шарнірів. У цей момент виштовхувач підіймається догори до зіткнення зі злитком. Далі рух передається захоплювачам, які повертаються й фіксуються у контакті з виливницею. Потім знову через важелі активується виштовхувач, який видавлює злиток. Після завершення процесу гідроциліндри переключаються на зворотний хід. Виштовхувач опускається вниз до упору, що дозволяє передати рух на захоплювачі, які відходять і звільняють виливницю.

Основна мета винаходу полягає у забезпеченні ефективного виштовхування злитків із виливниць різних розмірів та форм, незалежно від

того, чи мають вони розширення догори або донизу, і без необхідності додаткового нахилу.

На рисунку 2.4 представлено вертикальний переріз пристрою, призначеного для виштовхування злитків із виливниць.

Цей пристрій складається з основи 1, опорної плити 2, що з'єднані між собою рамою 3. На основі 1 розташовані рейки 4, на яких встановлені катки 5, сполучені між собою пластинами 6. До нижньої частини столу 7 прикріплені рейки 8, що дозволяють столу 7 вільно спиратися на катки 5. Сам стіл 7 має окремий привід (не зображений на рис. 2.4), який забезпечує його фіксацію у трьох визначених положеннях. У цих положеннях відповідні отвори столу 7 співпадають з віссю штемпеля 9. В отворах столу 7 закріплюються підставки 10 для виливниць, розширених донизу, і підставки 11 із проміжним штемпелем 12 для виливниць, які розширюються догори. Підставки 10 оснащені отворами для спрямувальних штирів 13. На основі 1, за допомогою рами 14, закріплений плунжер 15 разом із циліндром 16. Між циліндром 16 і основою 1 встановлені поворотні циліндри (умовно не показані на рисунку).

На опорній плиті 2 розміщені ступінчасті упори 17 і 18, які пов'язані між собою важелями 19. Упори можуть переміщуватися за напрямними 20 і 21 за допомогою окремого приводу, наприклад, пневматичного циліндра (на рисунку привід також умовно не показаний).

Процес роботи пристрою побудований таким чином:

Виливниця із злитком за допомогою стріперного крана встановлюється на відповідну підставку (на рис. 2.4 всі три підставки умовно показано з виливницями). Після цього стіл 7 переміщується у робоче положення таким чином, щоб вісь штемпеля 9 співпадала з віссю підставки із встановленою на ній виливницею. Для виливниць, що розширюються донизу та встановлюються на підставки 10, упори 18 висуваються і розташовуються поруч зі злитком перед початком операції.

злиток від'єднується від неї і опускається на дно підставки. Енергія удару при цьому поглинається гідравлічною системою. На зворотному ході, під дією поворотних циліндрів, підставка повертається у вихідне положення, а стіл 7 переміщається в позицію розвантаження. У цій позиції проводиться вилучення виливниці та зливка й установка нової виливниці на їх місце.

Виливниці з розширенням у верхній частині монтуються на підставку 11. Після цього стіл 7 переміщується в робочу позицію, ступінчасті упори 17 фіксуються, охоплюючи бічні стінки виливниці, а упори 18 виходять із робочої зони. Під впливом робочого зусилля штемпель 9 через штемпель 12 піднімає виливницю разом із злитком до моменту, коли виливниця впирається у відповідний виступ ступінчастих упорів 17.

Під час подальшого руху штемпеля 9 злиток відділяється від виливниці, яка падає на підставку. Ступені упору 17 розташовані таким чином, щоб висота падіння виливниці становила не більше 150–200 мм.

При зворотному русі штемпеля 9 злиток може частково або повністю повернутися у виливницю. Після розведення ступінчастих упорів 17 стіл 7 переміщується в положення розвантаження, і злиток разом із виливницею забирається. Потім встановлюється нова виливниця, і процес повторюється.

На основі аналізу літературно-патентного огляду визначено, що для підвищення надійності та збільшення зусилля витискання доцільним є застосування гідравлічного приводу.

Машини для витискання злитків із виливниць, згідно з джерелом [5], відзначаються коротким робочим циклом та високою надійністю. Це забезпечує значну продуктивність у потоковому виробництві.

Використання запропонованого пристрою [6] для виштовхування злитків із виливниць дозволяє ефективно працювати з виливницями, які розширюються як донизу, так і догори. Окрім цього, такі пристрої можна застосовувати для формування злитків із порошкових металів шляхом комбінованого процесу пресування, виштовхування злитка з виливниці та витискання його за рахунок металу екструзії. Це значно розширює технологічні можливості обладнання.

Основною метою винаходу [7] є підвищення надійності при зменшенні габаритів пристрою.

Використання цих машин дозволяє істотно скоротити початкові витрати на виробництво, а також зменшити витрати на ремонт і обслуговування під час експлуатації.

Техніко-економічне зіставлення даного пристрою [7] демонструє переваги, серед яких можливість розбирання виливниць з будь-яким типом розширення (догори або донизу) без необхідності додаткових кантувальників чи кранів. Пристрій характеризується відносною простотою адаптації для обробки злитків різної номенклатури, що вимагає лише мінімальних змін у підставках машини. Крім того, забезпечується збільшений термін служби ущільнень робочого циліндра завдяки мінімальному впливу теплового випромінювання від злитків. Злиток перебуває над циліндром виключно під час витискання, а в інший час розташовується на розвантажувальній позиції на безпечній відстані від робочого циліндра.

Технічне рішення [7] найбільше відповідає вимогам щодо простоти й надійності конструкції. Воно було прийняте за основу при модернізації підлогової машини для виштовхування злитків.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

Пристрій функціонує наступним чином.

Спочатку виливниця 9 зі злитком 8 встановлюється в гніздо станини 1. Гідроциліндри 3 забезпечують обертання двоплечих важелів 4 за допомогою тяг 6 навколо осей шарнірів 5. У процесі цього виштовхувач 7 піднімається догори до моменту дотику зі злитком. Далі рух передається захопленням 2, які обертаються до зіткнення з виливницею 9. Наступний етап передбачає передавання руху через двоплечі важелі 4 на виштовхувач 5, який видавлює злиток 8. Після завершення цього процесу гідроциліндри 3 перемикаються на зворотний хід.

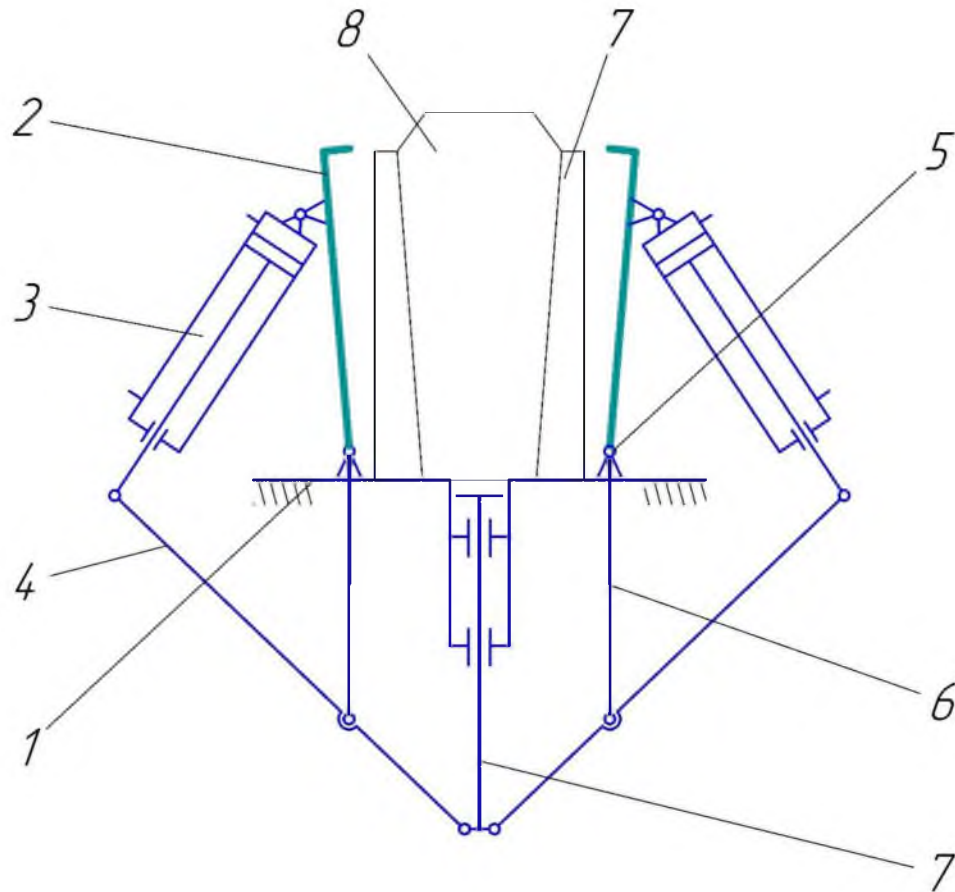


Рис. 2.5 Кінематична схема машини, яка модернізується

1 – станина; 2 – захват; 3 – гідроциліндр; 4 – важіль; 5 – шарнір;

6 – тяга; 7 – виштовхувач; 8 – злиток; 9 – виливниця

Джерело: розроблено із використанням [7]

Внаслідок цього виштовхувач 5 повертається в початкове положення, опускаючись вниз до упору, а захоплення 2 розходяться, звільняючи виливницю 6. Маслостанція машини розташована безпосередньо біля пристрою у спеціальному укритті, яке захищає її від впливу високих температур нагрітого злитка. З'єднання маслостанції з гідроциліндрами забезпечується за допомогою гнучких шлангів, які витримують високий тиск. Керування гідророзподільником здійснюється електрично і може бути організоване у будь-якому зручному для оператора місці. Схема гідравлічних компонентів пристрою представлена на рисунку 2.6.

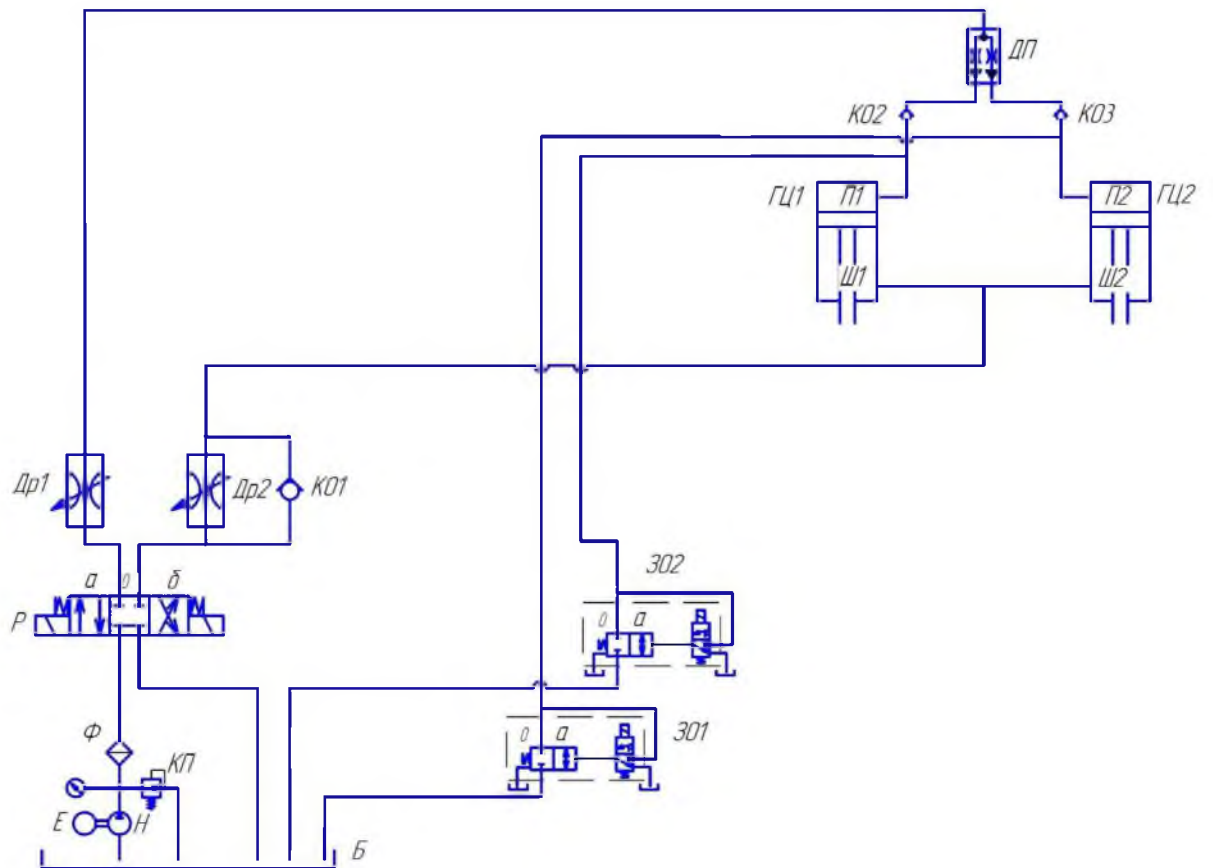


Рис. 2.6 Схема гідравлічних компонентів

Е – електродвигун; Б – бак; Н – насос; КП – клапан запобіжний;
 Ф – фільтр тонкого очищення; Р – гідророзподільник електрокерований;
 Др – дроселі регульовані; КО – клапан зворотній; ГЦ – гідроциліндри;
 ЗО – золотники зливні; ДП – ділитель потоку

Джерело: розроблено із використанням [7]

Робота гідроустаткування машини здійснюється наступним чином:

1. Початкове положення:

– Зливні золотники ЗО1, ЗО2 та гідророзподільник Р перебувають у положенні 0. Рідина, що нагнітається насосом Н, проходить через запобіжний клапан КП і повертається в бак Б. Тиск контролюється за допомогою манометра.

2. Виштовхування злитка: Цей етап виконується за рахунок подачі робочої рідини у поршневі порожнини гідроциліндрів ГЦ1 і ГЦ2. При цьому

гідророзподільник Р перебуває в положенні а, а зливні золотники ЗО1 і ЗО2 залишаються в положенні 0. Напрямки потоків:

– Від насоса Н до робочих гідроциліндрів ГЦ1, ГЦ2: Н–Ф–Р–Др1–ДП–КО2, КО3–ГЦ1, ГЦ2; - Від штокових порожнин гідроциліндрів ГЦ1, ГЦ2 до бака Б: ГЦ1, ГЦ2–КО1–Р–Б.

3. Звільнення изложниці та повернення машини в початкове положення: Це реалізується подачею робочої рідини у штокові порожнини гідроциліндрів ГЦ1 і ГЦ2. У цьому випадку гідророзподільник Р встановлений у положення в, а зливні золотники ЗО1 і ЗО2 – у положення а. Напрямки потоків:

– Від насоса Н до гідроциліндрів ГЦ1, ГЦ2: Н–Ф–Р–Др2–ГЦ1, ГЦ2;
– Від поршневих порожнин гідроциліндрів ГЦ1, ГЦ2 до бака Б: ГЦ1, ГЦ2–ЗО1, ЗО2–Б.

Дросель Др1 використовується для регулювання швидкості висування поршнів, тобто швидкості виштовхування злитка.

Дросель Др2 забезпечує регулювання швидкості втягування поршнів, тобто повернення машини в початкове положення.

Запобіжний клапан КП призначений для захисту елементів гідравлічної системи від можливих перевантажень.

Зливні золотники ЗО1 та ЗО2 з електрогідравлічним управлінням використовуються для пропуску робочої рідини в одному крайньому положенні золотника та її блокування в іншому.

Ділитель потоку ДП забезпечує поділ потоку робочої рідини на дві рівні частини для синхронізації рухів робочих органів машин при різному навантаженні на них.

Поршневий гідроциліндр подвійної дії використовується для перетворення енергії робочої рідини в механічну енергію робочих органів машини.

Гідравлічні машини для витягання злитків, у порівнянні з електромеханічними, є більш надійними в експлуатації, мають вищий коефіцієнт корисної дії (за рахунок відсутності передачі гвинт-гайка), не бояться перевантажень, характеризуються невеликою інерційністю та здатні розвивати значні зусилля без значного збільшення маси машини.

2.3 Аналітичні розрахунки

2.3.1 Розрахунок навантажень і визначення початкових даних для розрахунків

Схема сил, діючих на важіль вказана на рис. 2.7.

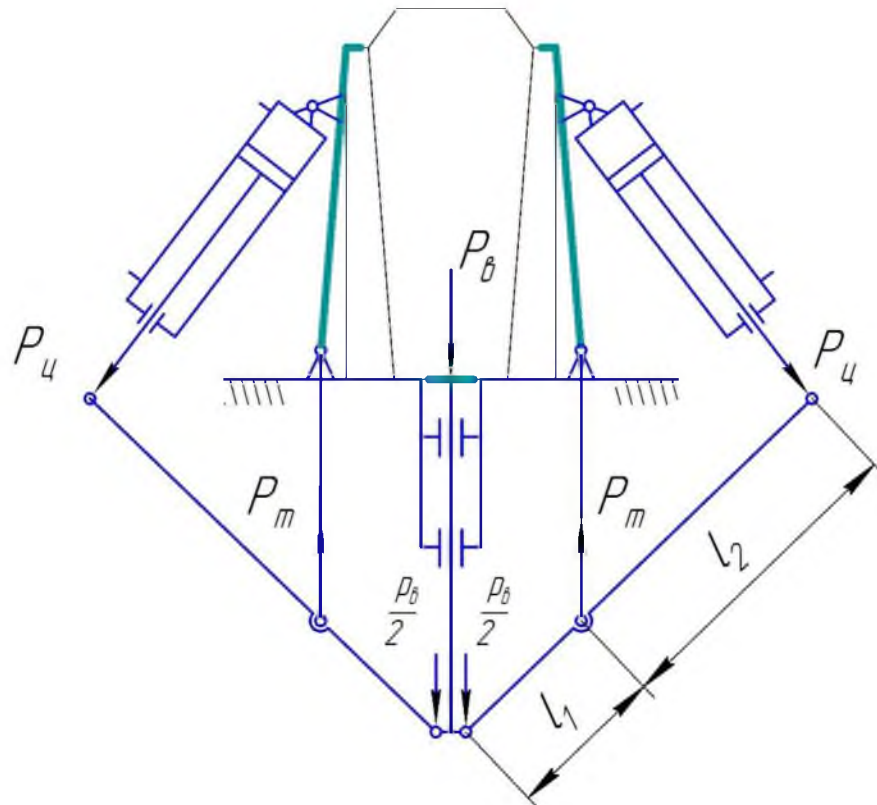


Рис. 2.7 Схема до розрахунку необхідного зусилля гідроциліндра

Джерело: розроблено автором

Всі елементи в кінематичній схемі під час роботи змінюють своє положення, що впливає на зміну дії сил на важіль у процесі виштовхування злитка [10]. Для спрощення розрахунків заздалегідь приймається така умова:

- усі сили, які діють на важіль, розташовані паралельно, а сам важіль перебуває у горизонтальному положенні.
- плечі важеля мають співвідношення $\frac{l_2}{l_1} = \frac{2}{1}$;

– максимальне зусилля виштовхування $P_B=7$ МН.

$$\text{Отже } \frac{P_B}{2} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ МН.}$$

Необхідне зусилля гідроциліндра з урахуванням співвідношення плечей важеля

$$P_{\text{ц}} = \frac{P_B}{2 \cdot 2} = \frac{7}{2 \cdot 2} = 1,75 \text{ МН}$$

Максимальний хід циліндра

$$l_{\text{ц}} = h_p + 2h_B = 150 + 425 \cdot 2 = 1000 \text{ мм}$$

де h_p –хід циліндра при переміщенні захоплення до торкання із злитком,

$$h_p = 150 \text{ мм}$$

h_B –максимальний хід виштовхувача при виштовхуванні злитка,

$$h_B = 425 \text{ мм}$$

Визначаємо розміри гідроциліндрів виштовхування [8] .

Початкові дані для розрахунку:

– зусилля при виштовхуванні, МН 1,75

– тиск в гідравлічній системі, МПа 32

Діаметр гідроциліндра

$$d_a = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi p}} = 2 \sqrt{\frac{1,75}{\pi 32}} = 0,265 \text{ м} \quad (2.1)$$

Приймаємо $d_B = 320$ мм (по ГОСТ 6540 –68).

Діаметр штока гідроциліндра вибираємо з умови

$$d_o = (0,25 \div 0,33) d = (0,25 \div 0,33) 320 = (80 \div 125,6) \text{ мм} \quad (2.2)$$

Приймаємо $d_o = 125$ мм (по ГОСТ 6540–68 [4]).

Швидкість ходу поршня робочого ходу (виштовхування злитка) [10]

$$v_{\delta} = \frac{l}{\tau_{\delta}} = \frac{1}{60} = 0,017 \text{ м/с} \quad (2.3)$$

де τ_{δ} – час робочого ходу (виштовхування злитка) $\tau_{\delta} = 60$ с

Необхідна витрата робочої рідини при підйомі плити

$$Q_i = \frac{2v_{\delta} d^2}{4\eta} = \frac{2 \cdot 0,017 \cdot 0,32^2}{4 \cdot 0,96} = 0,00092 \text{ м}^3/\text{с} = 55,2 \text{ л/хв} \quad (2.4)$$

Вибираємо аксіально – поршневий насос типу Нарф74м–45/32 [5] з регулюванням подачі.

Тиск на виході, МПа	32/2,5
Номінальна подача, л/хв	57/33
Частота обертання валу, об/хв	1000

2.3.2 Розрахунок потужності електродвигуна

Потужність двигуна насоса [9]

$$N_{\delta\delta} = \frac{pQ}{60\eta} = \frac{32 \cdot 57}{60 \cdot 0,96} = 31,7 \text{ кВт} \quad (2.5)$$

де η – ККД гідроприводу $\eta = 0,96$.

Приймаємо електродвигун асинхронний змінного струму, закритий, обдуваний типу 4А225М4УЗ (по ГОСТ 19523-81) технічна характеристика якого приведена в табл. 2.1. Режим роботи електродвигуна – безперервний, оскільки потужність розрахована по максимальному навантаженню, то перевірочний розрахунок на нагрів і перевантаження не проводимо.

Технічна характеристика електродвигуну типу 4A225M4УЗ

Параметр	Значення параметра
Потужність, кВт	37
Напруга, В	380
Синхронна частота обертання, об/хв	1500
Ковзання, %	3,0
Кратність пускового моменту	1,2
Маса, кг	156

Джерело: розроблено автором

Визначуваний номінальний момент вибраного двигуна [19]

$$M_H = \frac{N_{дв}}{\omega} = \frac{37}{157,1} = 0,23 \text{ кНм} \quad (2.6)$$

де ω – синхронна кутова швидкість обертання електродвигуна

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi 1500}{30} = 157,1 \text{ с}^{-1} \quad (2.7)$$

2.3.3 Силовий і кінематичний аналіз механізму

Розглянемо значення сил, які діють на важіль. Найбільші зусилля на виштовхувачі припадають на початковий етап виштовхування, тому доцільно визначити сили саме на цьому етапі процесу [12]. Для цього буде складено розрахункову схему (рис. 2.8), використовуючи наявне креслення машини.

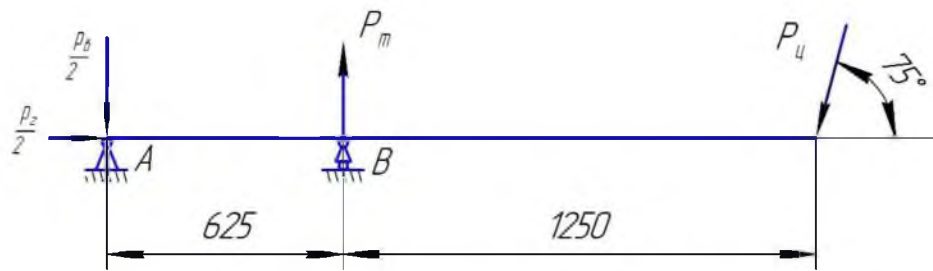


Рис. 2.8 Розрахункова схема уточнюючого розрахунку сил

Джерело: розроблено автором

Складемо рівняння моментів відносно точки A і визначимо значення сили P_m

$$P_m = \frac{(1,25 + 0,625)P_\delta \sin 75^\circ}{0,625} = \frac{(1,25 + 0,625)1,75 \sin 75^\circ}{0,625} = 5,1 \text{ МН}$$

Складемо рівняння моментів відносно точки B і визначимо значення $\frac{P_\Gamma}{2}$

$$P_m = \frac{1,25P_\delta \sin 75^\circ}{0,625} = \frac{1,25 \cdot 1,75 \sin 75^\circ}{0,625} = 3,45 \text{ МН}$$

Складемо рівняння в горизонтальній площині і визначимо значення сили $\frac{P_\Gamma}{2}$

$$\frac{P_\Gamma}{2} = P_\delta \cos 75^\circ = 1,75 \cos 75^\circ = 0,45 \text{ МН}$$

2.3.4 Розрахунок і вибір елементів гідравлічної схеми

Усі компоненти схеми, за винятком гідроциліндрів та резервуара, є стандартними і обираються відповідно до необхідних параметрів гідросистеми: тиску, швидкості руху робочої рідини у трубопроводах, витрати, чистоти масла та температури навколишнього середовища [10].

Розглянемо визначення діаметра всмоктувальних трубопроводів для насоса

$$d_{\hat{a}} = 2 \sqrt{\frac{Q_i}{60\pi v_{\hat{a}}}} = 2 \sqrt{\frac{57 \cdot 10^{-3}}{60\pi 1,6}} = 0,027 \text{ м} \quad (2.8)$$

де $v_{\hat{a}}$ – швидкість робочої рідини, що рекомендується, у всмоктуючому трубопроводі насоса $v_{\hat{a}} = 1,6 \text{ м/с}$

Приймаємо $d_{\hat{a}} = 30 \text{ мм}$

Визначимо діаметр нагнітального трубопроводу після насоса

$$d_i = 2 \sqrt{\frac{Q_i}{60\pi v_i}} = 2 \sqrt{\frac{57 \cdot 10^{-3}}{60\pi 5,0}} = 0,016 \text{ м} \quad (2.9)$$

де v_i – швидкість робочої рідини, що рекомендується, в нагнітальних трубопроводах, при $p=32 \text{ МПа}$, $v_n=5,0 \text{ м/с}$.

Приймаємо $d_i = 20 \text{ мм}$

Визначимо діаметр зливних трубопроводів

$$d_{\hat{n}} = 2 \sqrt{\frac{Q_i}{60\pi v_c}} = 2 \sqrt{\frac{57 \cdot 10^{-3}}{60\pi 2,0}} = 0,0245 \text{ м} \quad (2.10)$$

де v_c – швидкість робочої рідини, що рекомендується, в зливних трубопроводах $v_c = 2,0 \text{ м/с}$

Приймаємо $d_c = 25 \text{ мм}$

Вибираємо елементи гідравлічного устаткування [11].

1. Насос аксіально – поршневий типу Нарф74м–45/32 [5]:

– номінальний тиск, МПа

	40
– робочий об'єм, см ³	45/28
– номінальна подача, л/хв	57
– частота обертання, об/хв	1500
– об'ємний к.к.д.	0,96
2. Гідрозподільник Рм203:	
– робочий тиск, МПа	32
– номінальна витрата масла л/хв	160
– діаметр умовного проходу, мм	20
3. Клапан запобіжний М-КП-20:	
– робочий тиск МПа	32
– витрата рідини, л/хв	100
– діаметр умовного проходу, мм	20
4. Клапан зворотний Г51–34:	
– робочий тиск, МПа	20
– витрата рідини л/хв	80
– діаметр умовного проходу, мм	20
5. Фільтр пластинчатий 02Г41 – 14:	
– номінальний тиск, МПа	63
– номінальна витрата, л/хв	70
6. Дросель регульований ДР – 20:	
– номінальний тиск, МПа	32
– номінальна витрата, л/хв	63
7. Ділитель потоку Г75-63:	
– номінальний тиск, МПа	32
– номінальна витрата, л/хв	63
8. Золотник зливний з електрогідравлічним керуванням Г63–44:	
– номінальний тиск, МПа	32
– номінальна витрата, л/хв	70

2.3.5 Розрахунок і вибір муфти

Щоб передавати крутні моменти використовуються зубчасті муфти, які мають значні переваги, що обумовили їх широке застосування, особливо в металургійному обладнанні. Серед цих переваг можна виділити:

- високу несучу здатність і надійність за невеликих габаритів, завдяки одночасній роботі великої кількості зубів;
- технологічність, що забезпечується сучасними високопродуктивними методами нарізання зубів;
- здатність компенсувати лінійні та кутові відхилення у положенні з'єднаних валів;
- можливість роботи при високій частоті обертання.

Вибір муфти здійснюється відповідно до розрахункового моменту [12].

Розрахунковий момент для муфти

$$M_p = K_k M_n = 3,5 \cdot 0,23 = 0,81 \text{ кНм} \quad (2.11)$$

де K_k – коефіцієнт запасу, для поршневих насосів $K_k = 3,5$;

M_n – номінальний момент електродвигуна, $M_n = 0,23 \text{ кНм}$.

Муфту вибираємо по довіднику виходячи з умови

$$M_p \leq M_{\text{макс}}, \quad (2.12)$$

де $M_{\text{макс}}$ – максимальний момент, що допускається, передаваний муфтою.

Вибираємо муфту МЗ №2 по умові

$$M_p = 0,8 \text{ кНм} < M_{\text{макс}} = 1,4 \text{ кНм}$$

Розрахуємо ємкість бака для робочої рідини.

Згідно рекомендаціям [13] ємкість бака приймається рівною продуктивності насоса за 3 хвилини роботи.

$$V_6 = 3Q_n = 3 \cdot 57 = 171 \text{ л} = 0,171 \text{ м}^3 \quad (2.13)$$

Розміри бака 1000×400×600 мм.

Тепловий розрахунок гідросистеми і визначення розмірів маслобаку вироблюваний по методиці [13].

Причиною розігрівання масла є втрати потужності (кВт) в гідроприводі.

$$N = \frac{pQ_i \tau_i}{60\eta \tau_{\sigma}} = \frac{32 \cdot 57 \cdot 120}{60 \cdot 0,95 \cdot 600} = 6,4 \text{ кВт} \quad (2.14)$$

де p_n – номінальний тиск насоса

Q_n – витрата рідини насосів $Q_n = 57$ л/хв;

η – к.к.д. насоса;

τ_m – машинний час механізму виштовхування $\tau_m = 120$ с

τ_u – середня тривалість циклу обробки одного злитка $\tau_u = 600$ с.

Підвищення сталої температури масла в баку (°C) над температурою навколишнього середовища.

Для короткочасної роботи гідросистеми

$$\Delta T = T_{\sigma} - T_0 = \frac{N}{kF} = \frac{6,4 \cdot 10^3}{17,5 \cdot 2,5} = 146,3^{\circ} \text{ C} \quad (2.15)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі; $k = 17,5 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$;

F – площа поверхні бака, $F = 2,5 \text{ м}^2$

T_y – стала температура, °C;

T_0 – температура навколишнього середовища, $T_0 = 30^\circ\text{C}$

Враховуючи температуру навколишнього середовища, температура масла в баку велика.

Для зменшення нагріву можна використовувати два варіанти:

1. Збільшити площу бака.
2. Встановити охолоджувач через який пропускається вода.

Вибираємо варіант з установкою охолоджувача. В цьому випадку коефіцієнт k збільшується в 10 разів.

$$\Delta T = T_{\delta} - T_0 = \frac{N}{kF} = \frac{6,4 \cdot 10^3}{17,5 \cdot 2,5 \cdot 10} = 14,6^\circ\text{C} \quad (2.16)$$

З урахуванням температури навколишнього середовища

$$T_{\delta} = \Delta T + T_0 = 14,6 + 30 = 34,6^\circ\text{C}. \quad (2.17)$$

Така температура масла в баку допустима, оскільки

$$T_{\delta} = 34,6^\circ\text{C} < [T_{\delta}] = 55 \div 60^\circ\text{C}. \quad (2.18)$$

2.3.6 Розрахунок стінок і днища гідроциліндра

Товщина стінки гідроциліндрів [10]

$$\delta_n = \frac{pd_p}{2[\sigma]_p} = \frac{32 \cdot 0,32}{2 \cdot 193,3} = 0,026 \text{ м} \quad (2.19)$$

де $[\sigma]_p$ – напруга, що допускається, на розтягування,

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{580}{3} = 193,3 \text{ МПа}, \quad (2.20)$$

σ_T – межа текучості, для сталі 40ХН $\sigma_T = 580$ МПа

n – коефіцієнт запасу міцності. $n = 3$.

Приймаємо $\delta_c = 30$ с

Товщина днища гідроциліндра [4]

$$\delta_a = 0,433 d_p \sqrt{\frac{p}{[\sigma]_\delta}} = 0,433 \cdot 0,32 \sqrt{\frac{32}{193,3}} = 0,056 \text{ м} \quad (2.21)$$

Приймаємо $\delta_a = 60$ мм

2.3.7 Розрахунок гідроциліндра на стійкість

Розрахункова подовжня сила, що стискує шток $T_\delta = 1,75$ МН

Ейлерова сила (рис. 2.9) [13]

$$T_y = \frac{k\pi^2 EI}{L^2} = \frac{k\pi^2 E_1 I_1}{L^2} = \frac{0,7448 \cdot 3,14^2 \cdot 2,04 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}}{2,95^2} = 2,47 \text{ МН} \quad (2.22)$$

де k – коефіцієнт стійкості, табличний коефіцієнт залежний від значень відношень $\beta = \frac{L_1}{L}$ і $\mu = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1}$,

$$\beta = \frac{L_1}{L} = \frac{1200}{2955} = 0,4061, \quad \mu = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1} = \frac{2,04 \cdot 10^5 \cdot 5,1 \cdot 10^{-4}}{2,04 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}} = 4,25;$$

E_1, E_2 – модуль пружності матеріалу відповідно плунжера і циліндра, для сталі 40ХН $E_1 = E_2 = 2,04 \cdot 10^5$ МПа;

I_1, I_2 – вісьові моменти вісьових перетинів штока і циліндра відповідно

$$I_1 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,125^4}{64} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$I_2 = \frac{\pi d^4}{64} \left(1 - \frac{d_i^4}{d^4} \right) = \frac{3,14 \cdot 0,38^4}{64} \left(1 - \frac{0,32^4}{0,38^4} \right) = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

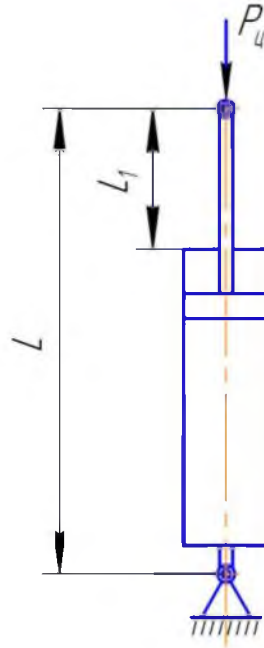


Рис. 2.9 До розрахунку гідроциліндра на стійкість

Джерело: розроблено автором

$$l = 2955 \text{ мм}; l_1 = 1200 \text{ мм}; P_{\text{ц}} = 1,75 \text{ МН.}$$

По таблицях для розрахованих значень β і μ вибираємо $k = 0,7448$.

Коефіцієнт запасу стійкості при дії на шток подовжньої розрахункової сили

$$n_1 = \frac{T_{\dot{y}}}{T_{\delta}} = \frac{2,47}{2,75} = 1,42.$$

Умова стійкості виконується, оскільки

$$n_1 = 1,42 > [n] = 1,4,$$

де $[n]$ – мінімально допустимий коефіцієнт запасу стійкості, $[n] = 1,4$.

2.3.8 Розрахунок шарнірів

Шарніри гідроциліндра. Шарнір, як показано на рисунку 2.10, складається з проушини гідроциліндра 3, вилки кронштейна 1 і пальця 2.

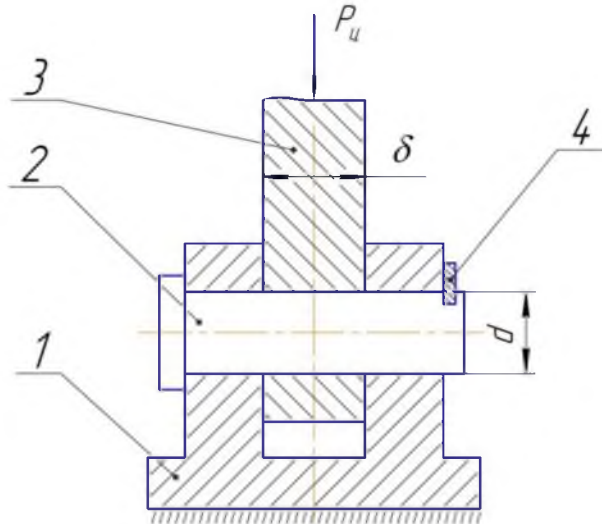


Рис. 2.10 До розрахунку шарніра гідроциліндра на міцність

1 – кронштейн; 2 – палець; 3 – проушина гідроциліндра; 4 – стопор

Джерело: розроблено автором

Усі розміри шарніра були розраховані конструктивно, тому слід провести перевірочні розрахунки на міцність, аби визначити напруження у деталях під час роботи [12].

Розрахунок напруження на зминання поверхонь пальця та проушини гідроциліндра

$$\sigma_{\dot{m}} = \frac{P_{\delta}}{d\delta} = \frac{1,75}{0,14 \cdot 0,15} = 116,6 \text{ МПа} \quad (2.23)$$

де P_{δ} – зусилля, що розвивається гідроциліндром, $P_{\delta} = 1,75$ МН.

Умова міцності на те, що зім'яло

$$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (2.24)$$

де $[\sigma_{\text{см}}]$ – напруга, що допускається, на те, що зім'яло

$$[\sigma_{\text{см}}] = 0,4\sigma_{\delta} = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ МПа}$$

де σ_{T} – межа текучості, для сталі 40ХН, $\sigma_{\text{T}} = 600 \text{ МПа}$.

Умова міцності на те, що зім'яло виконується, оскільки

$$\sigma_{\text{см}} = 116,6 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{см}}] = 240 \text{ МПа} \quad (2.25)$$

Напруга пальця на зріз

$$\tau_{\text{пд}} = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 1,75}{\pi 0,14^2} = 113,7 \text{ МПа} \quad (2.26)$$

Умова міцності на зріз

$$\tau_{\text{сп}} \leq [\tau_{\text{сп}}] \quad (2.27)$$

де $[\tau_{\text{сп}}]$ – напруга, що допускається, на зріз

$$[\tau_{\text{сп}}] = 0,2\sigma_{\text{T}} = 0,2 \cdot 600 = 120 \text{ МПа}$$

Умова міцності на те, що зім'яло виконується, оскільки

$$\tau_{\text{сп}} = 113,7 \text{ МПа} < [\tau_{\text{сп}}] = 120 \text{ МПа}$$

Шарніри сережки. Шарнір, зображений на рисунку 2.11, містить вилку станини 1, проушину сережки 4, проушину захоплення 3, палець 2 та стопор 5.

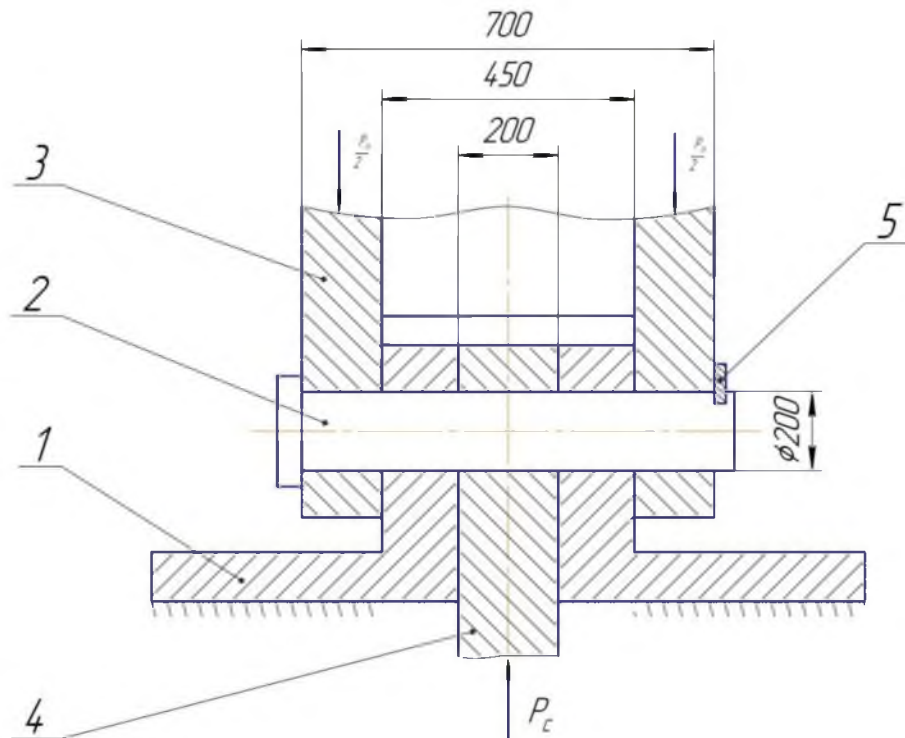


Рис. 2.11 До розрахунку шарніра гідроциліндра на міцність

1 – вилка станини; 2 – палець; 3 – проушина захоплення;

4 – проушина сержки; 5 – стопор

Джерело: розроблено автором

Як і в попередньому випадку, розміри шарніра прийнято конструктивно, тому потрібно виконати перевірочний розрахунок на міцність для визначення напружень у деталях при експлуатації.

Розрахунок напруження на зминання поверхонь пальця та проушини сержки

$$\sigma_{\text{нi}} = \frac{P_{\text{н}}}{d\delta} = \frac{5,25}{0,2 \cdot 0,2} = 131,3 \text{ МПа}$$

де P_c – зусилля на сержці $P_c = P_{\text{ц}} + 0,5 P_{\text{в}} = 1,75 + 0,5 \cdot 7 = 5,25$ МН

Умова міцності на те, що зім'яло виконується, оскільки

$$\sigma_{\text{см}} = 131,3 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{см}}] = 240 \text{ МПа.}$$

Напруга пальця на зріз

$$\tau_{\text{пд}} = \frac{4P_{\text{п}}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 5,25}{\pi 0,2^2} = 107 \text{ МПа}$$

Умова міцності на те, що зім'яло виконується оскільки

$$\tau_{\text{сп}} = 107 \text{ МПа} < [\tau_{\text{сп}}] = 120 \text{ МПа}$$

2.3.9 Розрахунок важелів

Визначимо розрахунок важеля на вигин. Розрахункова схема наведена на рисунку 2.12. Важіль аналізується у вигляді балки, яка спирається на дві опори. Сили, прикладені до важеля, були визначені у попередніх розрахунках.

Побудуємо епюри моментів, що спричиняють вигин конструкції [1].

Ділянка 1 $M_{\text{и}} = -\frac{P_{\text{в}}}{2}x$

при $X = 0$ $M_{\text{и}0} = 0$

при $X = 0,625 \text{ м}$ $M_{\text{и}} = -\frac{P_{\text{в}}}{2}x = -3,5 \cdot 0,625 = -2,19 \text{ МНм.}$

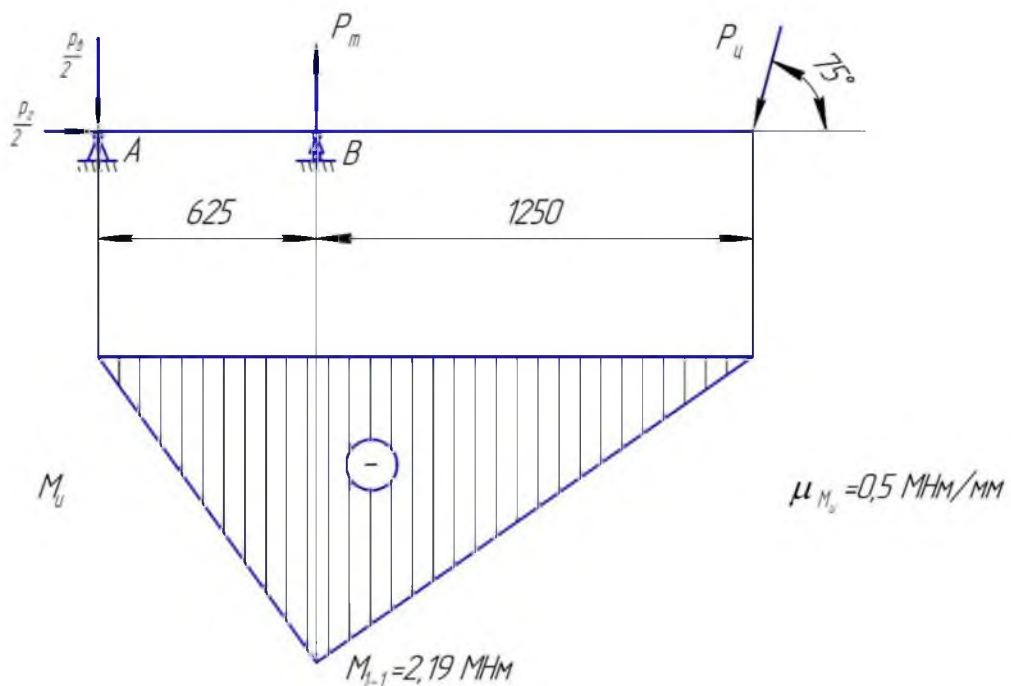


Рис. 2.12 Розрахункова схема важеля

Джерело: розроблено автором

Визначаємо навантаження в небезпечних перетинах.

Небезпечний перетин 1–1 діє момент, що вигинає $M_{1-1} = 2,19$ МНм

Перевірка на втомну міцність полягає у розрахунку коефіцієнтів запасу міцності в потенційно небезпечних перетинах, попередньо визначених на основі епюр моментів. Для розрахунків приймаємо матеріал – сталь 40ХН із покращеними характеристиками, серед яких:

- тимчасовий опір розриву $\sigma_s = 750$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T = 390$ МПа;
- межа витривалості при симетричному циклі напруги вигину

$$\sigma_{-1} = 423 \text{ МПа}$$

На основі зазначених параметрів виконаємо розрахунок важеля на втомну міцність.

Небезпечний перетин 1–1.

Коефіцієнт запасу міцності по нормальній напрузі

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a} = \frac{423}{182,5} = 2,3 > [n] = 1,8 \div 2,2,$$

де σ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень;

σ_a – амплітудна нормальна напруга, приблизно приймається

$$\sigma_a = \frac{M_{1-1}}{W_x} = \frac{2,19}{0,012} = 182,5 \text{ МПа}$$

Момент опору на вигин в перетині 1–1 (рис. 2.13)

$$W_x = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{6h} = \frac{0,2(0,6^3 - 0,2^3)}{6 \cdot 0,6} = 0,012 \text{ м}^3$$

де $b=0,2$ м; $h=0,6$ м; $h_1=0,2$ м.

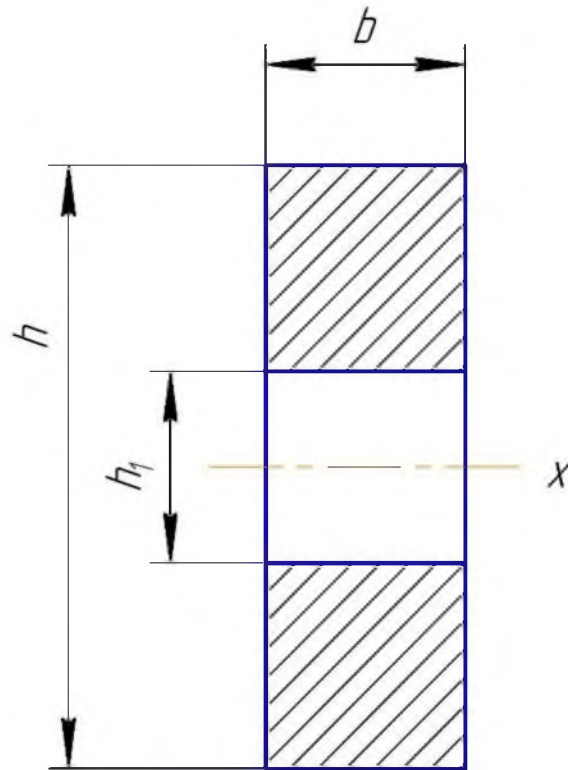


Рис. 2.13 До розрахунку моменту опору на вигин в перетині 1–1

Джерело: розроблено автором

2.4 Монтаж, ремонт, змашення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Підлогова машина для виштовхування злитків встановлюється на залізобетонному фундаменті. Відповідно до будівельних норм, на кожен тону обладнання передбачено закладання фундаменту об'ємом $5 \text{ м}^3/\text{т}$ у разі ударних навантажень.

Визначуваний об'єм фундамент [14-17]

$$\Sigma V_{\phi} = m_{об} V_{y\phi} = 9,6 \cdot 5 = 48 \text{ м}^3,$$

де $m_{об}$ – маса установки машини, $m_{об} = 9,6 \text{ т}$;

$V_{y\phi}$ – питомий об'єм залізобетонного фундаменту, $V_{y\phi} = 5 \text{ м}^3/\text{т}$.

Визначаємо глибину залягання фундаменту

$$H_{\phi} = \frac{\Sigma V_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{48}{12,25} = 3,9 \text{ м}$$

де S_{ϕ} – площа фундаменту, приймаємо розміри фундаменту в плані рівне розмірів підстави і додаємо 500 мм на кожну сторону $S_{\phi} = 12,25 \text{ м}^2$.

На фундаменті розташовується сама машина та маслостанція. Станину машини закріплюють до фундаменту за допомогою восьми анкерних болтів М48, а маслостанцію фіксують шістьма анкерними болтами М30.

Фундамент розміщено у ямі розміром 5×5 метрів на позначці - 1725. Його розміри та прив'язка до колон цеху наведені на рисунку 2.14. Для виготовлення фундаменту використовується важкий бетон марки М300, який має межу міцності на стискання $[\sigma] = 30 \text{ МПа}$.

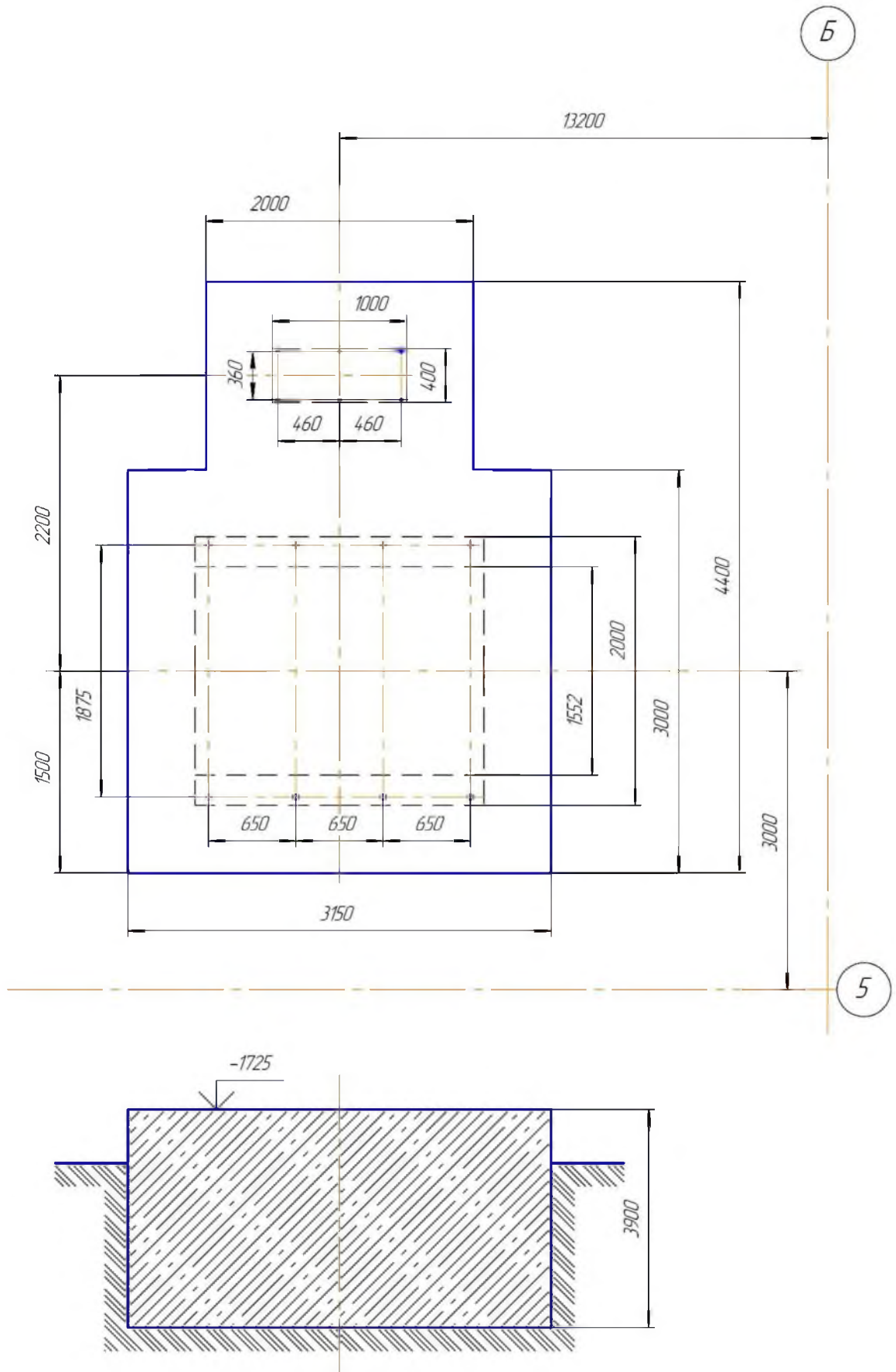


Рис. 2.14 Схема фундаменту машини

Джерело: розроблено автором

Після завершення твердіння бетону й демонтажу опалубки монтажна організація приймає фундамент. У процесі приймання перевіряються всі геометричні параметри фундаменту: розміри у плані та по висоті, точне розташування анкерних болтів, їхні габарити та стан. Також здійснюється геодезична перевірка правильності розташування плашок, які фіксують поздовжні та поперечні осі обладнання, а також контроль реперів, що вказують висотні позначки майданчиків фундаментів для встановлення обладнання. Нижче наведено допустимі відхилення розмірів фундаменту від проектних [14].

Найменування вимірювань	Величина відхилень, мм
Основні розміри фундаментів по довжині і ширині в плані	±30
Розміри колодязів в плані	+20
Відмітки поверхні фундаменту по висоті (без урахування підливки)	-30
Координати фундаментних болтів по вісях в плані:	
– для глухих болтів	±5
– для заставних і змінних болтів (по вісях колодязів)	±10
Відмітки по висоті торців болтів	+20
Точність керновки плашок при розбивці вісей в плані	±1
Точність висотних відміток реперів	±0,5

Міцність бетону оцінюють через 28 діб після його заливання, проводячи випробування зразків, виготовлених під час бетонування фундаменту.

Для характеристики міцності бетону марки М300 можуть бути використані такі критерії:

- дзвінкий звук при ударі;

– відсутність слідів на поверхні бетону після удару молотком.

Бетон, призначений для закладання у фундамент, повинен виготовлятися на заводі та доставлятися до місця укладання не пізніше ніж за 1,5 години після виробництва. Максимальна допустима висота вільного падіння бетону під час укладання не повинна перевищувати 2 метри. У процесі укладання бетон ущільнюють за допомогою вібраторів.

Для захисту від впливу змащувальних речовин бетонні поверхні ретельно затирають цементним розчином із подальшим залізненням або обробляють бітумним лаком, наносячи його у два шари. Орієнтація закріплених на фундаменті осей обладнання має бути точно узгоджена з осями колон будівлі цеху, а висотні позначки – відповідати рівню чистої підлоги цеху [15].

Різьба виступаючих кінців глухих болтів повинна бути очищена від задирок і забитих частинок, а також покрита антикорозійним мастилом. Якщо болти виступають нижче встановленої позначки, вони підлягають подовженню за допомогою зварювання.

Особливу увагу при прийомі фундаменту приділяють стану поверхонь, які контактують з обладнанням. Таке обладнання можна встановлювати безпосередньо на фундамент без використання підливки, із підливкою цементним розчином, на підкладках із наступною підливкою, або ж на металевих плитах чи рамах. Останні встановлюються на фундаменті з використанням підкладок, закріплених анкерними болтами, та заливаються цементним розчином.

Металургійне обладнання зазвичай не монтується безпосередньо на фундамент, оскільки виконати ідеально рівну опорну поверхню великого

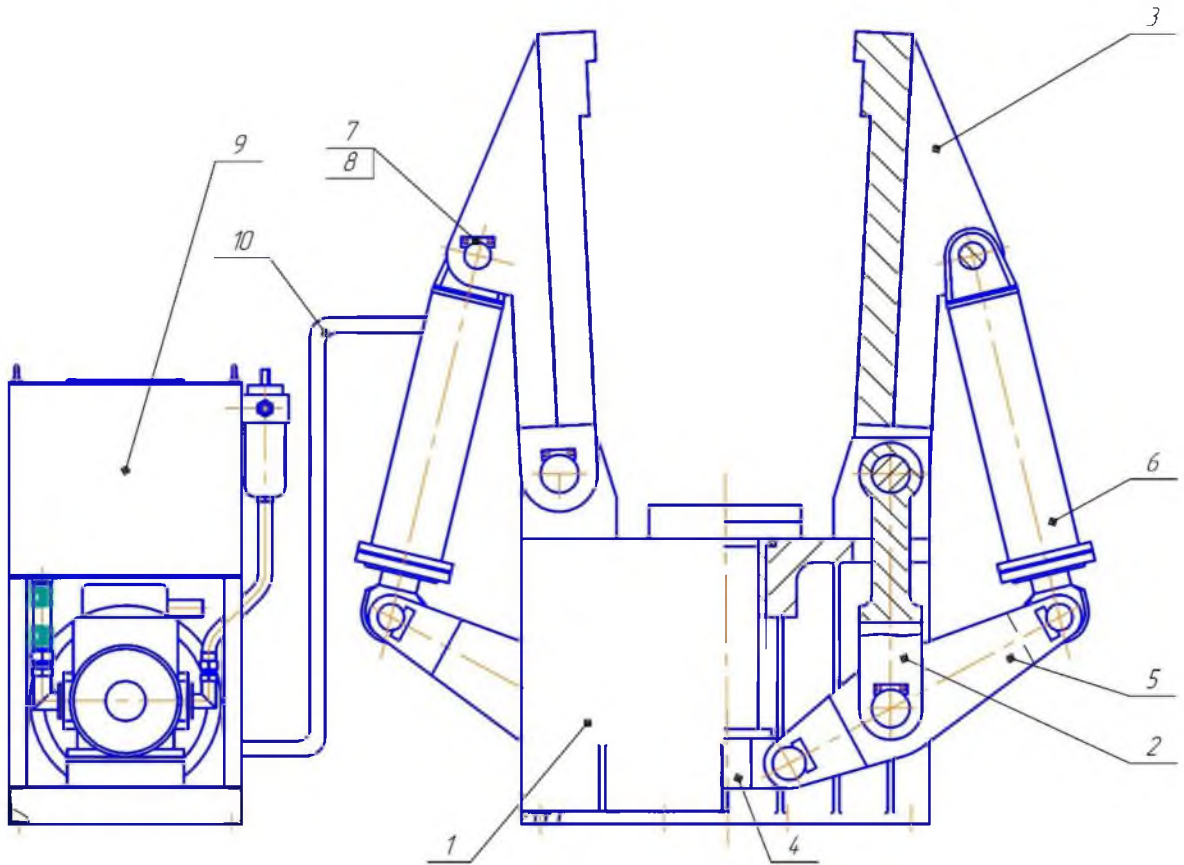
фундаменту надто складно. Підливку опорних частин машин бетонним розчином необхідно здійснювати протягом 48 годин після готовності обладнання до цієї операції. Поверхні фундаментів, що потребують підливки, перед початком роботи очищують, наносять насічку на глибину 5–10 мм і ретельно промивають водою. Процес підливки здійснюється бетоном марки не нижче 150, безперервно з одного боку, щоб запобігти появі порожнин у шарі матеріалу. Висота підливки між нижньою частиною обладнання і поверхнею фундаменту має бути в межах 40–80 мм і збільшуватися на висоту ребер жорсткості в разі їх наявності.

Готовність фундаментів для монтажу обладнання оформлюється офіційним актом, який підписують представники будівельної та монтажної організацій разом із представниками заводу.

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Технологічна карта монтажу зазначена в наступних документах [17]:

1. Креслення монтажу із специфікацією (рис. 2.19).
2. Технологічна карта монтажу, у якій включено графіки виробництва робіт, об'єму, вартість робіт та потребу в робочому персоналу по кваліфікаціях і розрядах (табл. 2.2).
3. Склад монтажного обладнання та інвентарю, пристосувань і матеріалів (табл. 2.3 –2.4).



№ поз.	Найменування	К-ть	Маса, кг	
			Од.	Заг.
1	Станина	1	1500	1500
2	Тяга	2	367	734
3	Захоплення	2	500	1000
4	Виштовхувач	1	480	480
5	Важіль	2	450	900
6	Гідроциліндр	2	320	640
7	Вісь	10	65	650
8	Планка	10	15	15
9	Маслостанція	1	1100	1100
10	Шланги гнучкі	2	80	160

Рис. 2.15 Монтажна схема машини

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.2

Технологічна карта монтажу машини

№ п/п	Опис робіт по монтажу в технологічній послідовності	Калькуляція						Склад ланки	Три-валість операції, год									
		Од. виміру	Об'єм робіт	На одиницю		На весь об'єм				6/5/5/5	6	12	18	24	30	36	42	48
				Норма часу, год	Рас-цінки, грн	Норма часу, год	Сума зарпл, грн											
1	Встановити і закріпити на фундаменті станину 1	Шт.	1	6	320	6	1920	6/5/5/5	6	█								
2	Встановити одночасно тяги 2, захоплення 3, вісь 7 закріпити планкою 8 і болтами М16	Шт.	2	4,5	320	9	2880	6/5/5/5	15	█								
3	Встановити у станину 1 виштабувач 4	Шт.	1	6	320	6	1920	6/5/5/5	21		█							
4	Встановити і закріпити важіль 5	Шт.	2	3	320	6	1920	6/5/5/5	27			█						
5	Встановити і закріпити гідроциліндри 6	Шт.	2	4,5	320	9	2880	6/5/5/5	36				█					
6	Встановити і закріпити на фундаменті маслостанцію 9	Шт.	1	6	320	6	1920	6/5/5/5	42							█		
7	З'єднати маслостанцію 9 з гідроциліндрами 6 гнучкими шлангами 10	Шт.	2	3	320	6	1920	6/5/5/5	48								█	

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.3

Ліміт матеріалів і напівфабрикатів

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	
		за проектом	фактично
Кисень	м ³	5,0	
Карбід кальцію	кг	5,0	
Гас	кг	5,0	
Масло машинне	кг	4,0	
Солідол	кг	0,5	
Кінці обтиральні	кг	1,2	
Серветки обтиральні	м ²	1,0	
Папір прокладний	м ²	1,0	

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.4

Перелік устаткування, інвентарю і пристосувань

Найменування і характеристика	Одиниці вимірювання	Кількість	
		за проектом	фактично
Кран мостової Q =20/5 т	шт.	1	
Апарат електрозварювання СТЕ – 34	шт.	1	
Ацетиленовий генератор Пг -1	шт.	1	
Контрольна лінійка l= 3 м	шт.	1	
Індикатор цифрової	шт.	2	
Схил 0,4 кг	шт.	4	
Рівень з ціною ділення 0,006 м на 1м	шт.	1	

Джерело: розроблено автором

Перелік монтажного устаткування інвентарю і пристосувань:

1. Ключі: S=17; 22; 32; 36; 41; 46; 50; 60; 75; 85
2. Кувалда
3. Молоток
4. Свердлувальна машина
5. Шліфувальна машина
6. Мітчики: М-16
7. Троса парні, Ø 28,5
8. Троса парні, Ø 17,5
9. Рулетка
10. Рівні
11. Індикатори

Особливості монтажу гідроприводів

Монтаж гідроприводів включає такі етапи:

- 1) встановлення насосно-акумуляторних станцій;
- 2) прокладання магістральних трубопроводів;

3) монтаж гідравлічної апаратури та її з'єднання з гідроприводами.

Установку насосно-акумуляторної станції починають із монтажу резервуару для масла [16]. Після цього, на фундаментах по черзі розміщують насоси, фільтри, маслоохолоджувачі, вантажні та повітряно-гідравлічні акумулятори. Під час виконання цих робіт особливу увагу приділяють стабільності посудин, їх захисту від корозії та механічних пошкоджень, правильності підключення, а також оптимальному розташуванню апаратури й арматури для забезпечення зручності при обслуговуванні та ремонті. Перед введенням в експлуатацію посудини проходять гідравлічні випробування під тиском, який у 1,5 рази перевищує робочий.

Магістральні трубопроводи встановлюються з ухилом 1:80–1:100 у напрямку резервуара для масла, якщо насоси розташовані нижче гідропривода. Це необхідно для забезпечення повного зливу масла з трубопроводів, а також для можливості від'єднання гідроапаратури під час наладки або експлуатації. У найвіддаленіших точках трубопроводів, як у верхніх, так і в нижніх частинах, встановлюють зливні та повітряспускні пробки для уникнення утворення повітряних подушок. Щоб запобігти негативному впливу гідравлічних ударів, трубопроводи жорстко кріпляться до опор.

Гідроапаратура монтується блоками на панелях, які інтегровані в бетонні підставки або металеві кронштейни. Розташування вибирається так, щоб забезпечити зручний доступ для обслуговування і спостереження. Після монтажу гідравлічні розподільники з'єднуються з магістральними трубопроводами, а також через труби або рукави високого тиску підключаються до гідроциліндрів.

Гідроциліндри зазвичай постачаються на монтаж у зібраному вигляді без додаткового складання [13]. Основною вимогою при встановленні є точне співвісне положення гідроциліндра із веденим механізмом, що забезпечує коректну роботу системи.

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

У процесі експлуатації деталі механізмів постійно зношуються. Знос визначають як поступову зміну розмірів та властивостей робочих поверхонь, що супроводжується втратою міцності матеріалу деталей машин. Цей процес відбувається під впливом тертя та механічних навантажень під час використання обладнання [17].

У гідравлічному приводі найуразливішим елементом є гідроциліндр. Його несправність часто спричинена зносом ущільнень та абразивним стиранням поверхонь, що труться одна об одну. Решта компонентів приводу, за умови належного технічного обслуговування (своєчасна заміна масла, фільтрів тощо), характеризується високою надійністю.

Абразивному зносу особливо піддаються напрямні штовхача, а також робочі поверхні осей і їхні посадкові місця.

У процесі відновлення поверхонь поршнів і гільз здійснюється наплавлення зношених ділянок, а також проточка цих поверхонь до номінальних розмірів із необхідним рівнем шорсткості. Під час ремонту насосів перевіряються посадкові місця для підшипників, і в разі виявлення зносу ці поверхні піддаються наплавленню та розточці. При розбиранні підшипникових вузлів проводиться оцінка стану підшипників кочення, і за потреби вони замінюються.

Зношення валів може призводити до виникнення таких дефектів:

- зміна діаметра і порушення форми шийок та цапф;
- утворення подряпин, рисок і задирок на поверхнях шийок і цапф;
- вигин або скручування валу; – знос, пошкодження чи деформація робочих поверхонь канавок шпонок та шліців;
- пошкодження або руйнування різьблених елементів.

Зменшення діаметра шийок трансмісійних валів дозволено в межах 10% від номінального значення при статичних навантаженнях і 5% — при динамічних. Вали підлягають бракуванню у разі виявлення тріщин або

скручування, якщо кут скручування перевищує 10° . Після визначення ступеня зносу шийок валу приймається рішення щодо доцільності ремонту та вибору його методу. Якщо вал експлуатується у підшипниках кочення, й зменшення розміру шийки неможливе за конструктивними особливостями, діаметр відновлюють до номінальних розмірів методом металізації або наплавлення.

Процес ремонту шийок валів із доведенням до ремонтного розміру включає такі етапи:

- перевірка стану центрових отворів із подальшим їх відновленням, за потреби, на centruвальному чи токарному верстаті;
- обробка зношених шийок до наступного ремонтного розміру за допомогою токарного або круглошліфувального верстата.

Шийки валів відновлюють до номінального розміру в такій послідовності:

- Виконують металізацію або автоматичне вібродугове наплавлення, збільшуючи діаметр шийок валу до розміру, що перевищує номінальний, враховуючи припуск на подальшу обробку.
- Проводять перевірку осьового вигину валу і за необхідності виправляють його. Вали з незначними викривленнями вирівнюють на токарному верстаті за допомогою ручного гвинтового преса, методом чеканки або шляхом локального нагрівання. Сильно вигнуті вали випрямляють на спеціальних пресах у холодному стані. Допустиме значення прогину валу становить 0,2–0,3 мм на один метр довжини.
- Перевіряють і вирівнюють центрові отвори.
- Обробляють нарощений шар до номінального розміру.

Канавки шпонок на валах відновлюють шляхом обробки до ремонтного розміру, наплавленням із наступною механічною обробкою або ж фрезеруванням нової канавки, яка розташовується відносно попередньої під кутом 90° , 135° або 180° . Для доведення канавок шпонок до ремонтного розміру використовують долбежні верстати, або створюють нові канавки методом фрезерування [16]. Під час установки призматичних шпонок варто

залишати зазор між неробочою гранню шпонки та дном паза в напівмуфтах у межах 0,2–0,5 мм.

Зношені шпонки замінюють на нові.

Сполучні муфти піддаються зносу, насамперед, у місцях посадки сполучних елементів, таких як отвори для болтів і пальців, зони контакту кулачків або зубів, а також пази для шпонок.

У зубчастих муфтах знос зубців по товщині дозволяється в межах 30% від їхнього номінального розміру, при цьому допустимий перекис осей валів не повинен перевищувати $1,5^\circ$, за умови відсутності радіального зміщення осей. Якщо перекис відсутній, допускається радіальне зміщення осей. У випадку зношення, зубці шліфують за шаблоном напилком або обробляють на верстаті.

Базові елементи металургійних машин переважно представлені масивними литими, зварними чи зварно-литими конструкціями, такими як станини, корпуси, плити, рами тощо. Найбільш поширеними є сталеві деталі, хоча останнім часом активно впроваджуються легші зварні та економічніші залізобетонні конструкції.

Основні типи зношення литих базових деталей:

- локальні пошкодження і тріщини, що виникають через навантаження, найчастіше в зонах внутрішніх дефектів матеріалу або ливарної напруги;
- зношування поверхонь тертя, по яких проходить рух деталей або де встановлюються вузли машини;
- зношування гладких і різьбових отворів у масиві базової деталі внаслідок численних складань і розбирань.

Основні деталі ремонтують за допомогою механічної обробки, зварювання та заливки.

Для запобігання утворенню тріщин, які виникають через усадку металу під час його охолодження, а також для полегшення обробки шва, перед зварюванням деталі підігрівають. Нагрівання проводиться в печах до близько 300°C , і ця температура підтримується протягом усього процесу зварювання.

Відпуск і відпал деталей здійснюються з метою зняття внутрішніх напружень та підвищення ударної в'язкості матеріалу.

Газове зварювання чавуну проводять у гарячому стані (700–800°C), застосовуючи чавунні електроди.

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Система планово-попереджувального ремонту (ППР) базується на регулярному виконанні ремонтних робіт та перевірок устаткування, що дозволяє визначити обсяг необхідних заходів. Характер і обсяг цих робіт встановлюються за результатами аналізу відомостей про виявлені дефекти.

Графік проведення планово-запобіжних ремонтів представлено в таблиці 2.5. Виходячи з експлуатаційного досвіду обладнання цеху підготовки складів, поточні ремонти виконуються щонайменше раз на 30 діб. Їх тривалість зазвичай становить 24 години. На підприємстві застосовуються два основні види ремонту: поточний і капітальний. Поточний ремонт передбачає часткову розбирання механізмів, очищення, огляд деталей, а також заміну зношених елементів і вузлів [16].

Таблиця 2.5

Графік планово-попереджувальних ремонтів

місяці	січень			лютий			березень			квітень			травень			червень			липень			серпень			вересень			жовтень			листопад			грудень		
	декади	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
ремонт	-	П	-	П	-	-	-	П	-	П	-	З	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-

Джерело: розроблено автором

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання машини, очищення та промивання всіх її деталей, а також заміну або відновлення основних і базових частин. У разі їх зношення здійснюється повна заміна окремих елементів. Проведення поточного чи капітального ремонту регламентується річним графіком робіт.

Технологічний процес ремонту залежить від обсягу, складності та трудомісткості виконуваних операцій. При визначенні необхідної кількості працівників для проведення конкретних ремонтних робіт враховуються маса, розміри деталей і вузлів, а також зручність доступу до них під час виконання операцій [17].

Ремонтний цикл механізму включає щоденні профілактичні огляди, поточні ремонти в першій та другій декадах місяця, а капітальний ремонт проводиться раз на чотири роки.

2.4.5 Змащення

У наявній конструкції підлогової зливко-виштовхувальної машини змащуванню підлягають підшипники електродвигуна, муфта насосної станції, а також вузли тертя самої машини. Підшипники електродвигуна та зубчасту муфту змащують консистентним мастилом шляхом періодичного набивання. Напрямні виштовхувача та шарнірні опори забезпечуються централізованим змащуванням за допомогою консистентного мастила [18].

Підшипники електродвигунів змащуються мастилом УССА або 1-13, тоді як для зубчастих муфт використовують мастило ЦИАТИМ-201. Робоча рідина гідросистеми виконує дві ключові функції: передає механічну енергію виконавчому елементу від насоса, який приводиться в дію певним двигуном, і одночасно служить мастилом для робочих поверхонь гідроапаратів. Для досягнення високого коефіцієнта корисної дії гідросистеми робоча рідина

повинна відповідати певним характеристикам, які варіюються залежно від її призначення, умов експлуатації та місця використання. Більшість рідин схильні до розширення при підвищенні температури, тому важливо, щоб вони мали високий показник теплопровідності, значну питому теплоємність і низький коефіцієнт теплового розширення. Оскільки зі зростанням температури в'язкість рідини знижується, одним із головних критеріїв для вибору робочої рідини залишається її мінімальна залежність в'язкості від змін температури в межах робочого діапазону [18].

Робочі рідини повинні мати хороші змащувальні властивості, низьке поглинання повітря та здатність легко його відділяти. Крім того, вони повинні демонструвати високу стійкість до механічних і хімічних впливів. Важливо, щоб у складі таких рідин було мінімум механічних домішок, щоб вони були нейтральними до матеріалів, з якими взаємодіють, а також мали прийнятну вартість. Особливу увагу слід звертати на температуру застигання рідини, адже цей показник впливає на її текучість, транспортування та злив у холодну пору року. Температура застигання повинна бути щонайменше на 16–17°C нижчою за найнижчу температуру навколишнього середовища, при якій функціонуватиме гідросистема. Ще одним важливим фактором є рівень робочого тиску, який визначає вибір в'язкості рідини. Для гідросистем з навантаженими елементами, що працюють при тиску 16–35 МПа, використовують масла серії ІПП зі спеціальними присадками: протизношувальними, антиокиснювальними, протипінними та антикорозійними. У системах із надвисоким тиском застосовують веретенні масла серії АУ та масло АМГ. У гідросистемі ножиць як робочу рідину

прийнято використовувати масло ІПП-18. Основні характеристики змащувальних матеріалів наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Властивості змащувальних|мастильних| матеріалів

Найменування змащувального матеріалу	Температурні межі °С	В'язкість при $t=50^{\circ}\text{C}$, сСтокс	Замінник
ЦИАТИМ-201	$-60^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$	24÷28	ВНПНп232
Усса	$-77^{\circ}\text{C} \div +25^{\circ}\text{C}$	25÷35	Мастило 1-13
Масло ІПП-18	$-15^{\circ}\text{C} \div +90^{\circ}\text{C}$	16÷20	Масло АУ

Джерело: розроблено автором

Розрахунок виконується за методикою Інституту металургійного машинобудування (ВНІІметмаш), яка базується на даних статистичних досліджень фактичних вузлів тертя. Визначимо витрати густого мастила, необхідного для змащування шарнірних опор важелів. Згідно з зазначеною методикою, що опирається на результати досліджень вузлів тертя, для розрахунку норми витрат густого мастила рекомендується використовувати наступну формулу [18]

$$q = 11k_1k_2k_3k_4k_5 = 11 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 17,3 \text{ см}^3/\text{м}^2\text{год},$$

де 11 – мінімальна норма витрати мастила для підшипників діаметром

$$d \leq 100 \text{ мм при } n \leq 100 \text{ об/хв};$$

k_1 – коефіцієнт, що враховує залежність норми витрати мастила від діаметру підшипника, при $d = 200$ мм;

$$k_1 = 1,0 + (d - 100)10^{-3} = 1,0 + (200 - 100)10^{-3} = 1,1;$$

k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив якості поверхонь, що труться на норму витрати мастила. При хорошій якості (сумарна площа дефектів не перевищує 5% контактної поверхні) $k_3 = 1,0$, а при задовільному $k_3 = 1,3$.

Приймаємо $k_3 = 1,3$;

k_4 – коефіцієнт, залежний від робочої температури підшипника T_p .

Якщо $T_p < 75^\circ\text{C}$, то $k_4 = 1,0$, а якщо $T_p = 75 \div 150^\circ\text{C}$, то $k_4 = 1,2$.

Приймаємо $k_4 = 1,2$.

k_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження; $k_5 = 1,1$ і $k_5 = 1,0$, коли робоче навантаження відповідно перевищує і не перевищує проектне значення.

Приймаємо $k_5 = 1,1$.

Об'єм густого мастила, що періодично подається в підшипник

$$Q = qFT = 17,3 \cdot 0,126 \cdot 2 = 4,35 \text{ см}^3$$

де F – площа контактної поверхні підшипника

$$F = \pi db = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,126 \text{ м}^2,$$

b – ширина підшипника, $b = 200$ мм;

T – тривалість циклу змазування (період між двома послідовними подачами мастила), $T = 2$ год.

Карта змащування приведена в таблиці 2.7. Схема точок змащування приведені на рис. 2.20.

Карта змащування машини

№ п/п	Найменування точки змащування	К-ть точок, шт	Застосоване мастило	К-ть на 1 точку, дм ³	Терміни заміни в добі	Дополні-тель-ние вказівки
1.	Підшипники електродвигуна	2	Усса	2,0	1 раз у 6 міс.	Набивання
2.	Муфта зубчата	1	ЦИАТИМ-201	3,0	1 раз у 6 міс	Набивання
3.	Гідросистема	1	Масло ІП-18	220	По контролю лабор.	Долив
4	Виштовхувач	1	Усса	1 раз у 2 год.	Централізо-вана	
5	Шарнірні опори	10	Усса	0,0055	1 раз у 2 год.	Централізо-вана

Джерело: розроблено автором

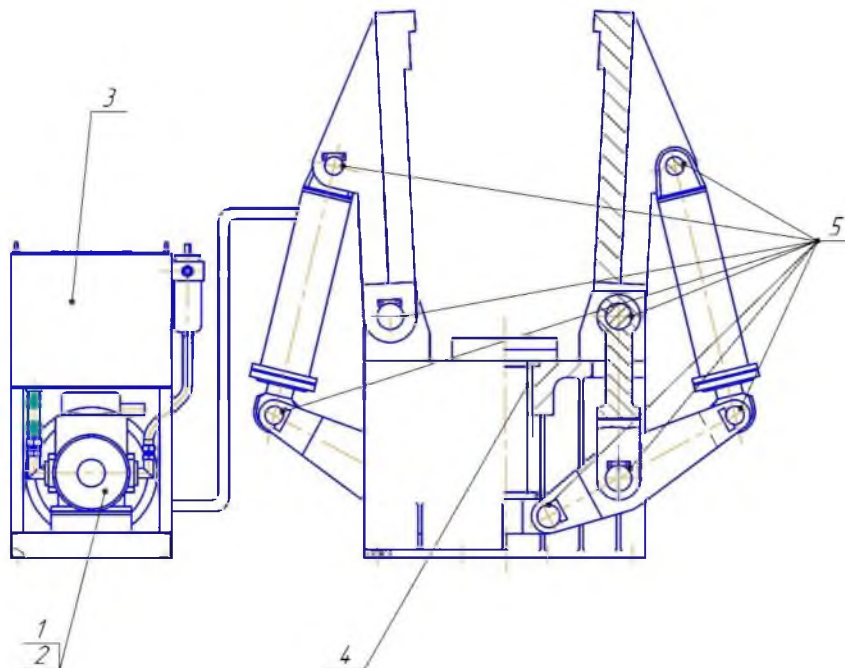


Рис. 2.16 Схема точок змащування машини

1 – підшипники електродвигуна; 2 – муфта зубчата; 3 – гідросистема;

4 – виштовхувач; 5 – шарнірні опори

Джерело: розроблено автором

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

У цеху підготовки сплавів виконуються технологічні операції з підготовки сплавів разом із виливницями для розливання сталі, а також видалення оболонок гарячих злитків перед їх транспортуванням у відділення нагрівальних шахт блюмінгів [20].

У стріперному відділенні цеху температура злитків у виливницях зазвичай досягає 900–1000 °С. Це супроводжується значним виділенням тепла, яке підвищує температуру повітря у робочій зоні. Таке надмірне теплове випромінювання порушує нормальну терморегуляцію організму людини. Перегрів може спричинити підвищення температури тіла, прискорене дихання, почастішання серцебиття, а також приплив крові до голови.

У крайніх випадках це може призвести до теплового удару та втрати свідомості. Під час роботи з розігрітим металом існує ризик отримання опіків. Джерелами шуму у приміщенні є технологічне обладнання, зокрема стріперні крани, стаціонарні установки для виштовхування приварених злитків і залізничний транспорт.

Постійний шум негативно позначається на здоров'ї й працездатності працівників. Він впливає на центральну нервову систему, викликаючи загальну втому, порушення роботи серця і дихання, а також сповільнення психомоторних реакцій.

Ще одним важливим фактором, що ускладнює умови праці, є пил, який утворюється під час транспортування та видалення оболонок злитків. Концентрація пилу в повітрі може варіюватися від 1,0 до 4,3 мг/м³.

Під час вдихання дрібні частинки пилу потрапляють у легені й можуть затримуватися у їх тканинах, спричиняючи механічні ушкодження.

Санітарно-гігієнічну оцінку умов праці слюсаря-ремонтника стріперного відділення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці стріперного відділення

Ділянка, професія	Фізич- ний фактор		Метеофактори								Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³			
	Шум, дБА		Швид- кість руху повітря, м/с		Віднос- на волога повітря, %		Температура							
	ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДР	Факт	Вид	ГДК
Відділення роздягання злитків, слюсар – ремонтник	80	87	0,4÷ 0,2	0,3	65	63	15÷ 21	16÷ 20	20÷ 27	29÷ 30	Пил	4,0	4,3	

Джерело: розроблено автором

Фактичний рівень шуму становить 87 дБА, тоді як гранично допустимий рівень складає 80 дБА. Це свідчить про перевищення встановленого нормативу на 7 дБА.

Показники ПДУ та реальні значення шкідливих виробничих факторів на робочих місцях механослужби, наведені у таблиці 4.1, вказують на необхідність вжиття заходів щодо їхнього зниження.

Мікроклімат у приміщенні, зокрема температура, швидкість руху повітря та відносна вологість, відповідає санітарним нормам.

На території цеху використовується електроустаткування, яке живиться від джерел напругою 380 В (для технологічного обладнання) та 36 В (для освітлювальних систем). У таких умовах при напрузі 380 В існує ризик виникнення електротравм.

Можливість ураження та травмування електричним струмом може виникнути за таких обставин:

– дотик до оголених проводів, тролейних доріжок кранів або передавальних візків;

- контакт із корпусами машин чи щитами управління, які випадково опинились під напругою через відсутність заземлення;
- неправильне відключення роз'єднувача під навантаженням або контактора без дугогасильної камери.

Електричний струм силою понад 0,15 А впливає на нервову систему та м'язи, викликаючи можливий параліч дихальної мускулатури чи мускулатури серця, навіть не спричиняючи опіків.

Підлогова зливко-виштовхувальна машина для обробки злитків є агрегатом із комплексним обладнанням – як електричним, так і механічним. Зіткнення з рухомими частинами цього обладнання може призвести до різного ступеня пошкоджень. Ризик травмування особливо високий у випадках наявності виступаючих болтів, шпонок або частин механізму, які обертаються в протилежних напрямках, створюючи притягувально-захоплюючу зону.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

Для зменшення рівня шуму рекомендується реалізовувати такі заходи:

- встановлення спеціальних фундаментів для обладнання, які є незалежними від будівельних конструкцій, мають значну масу та акустичні шви, із застосуванням ізолюючих прокладок і амортизаторів;
- забезпечення раціонального з'єднання повітропроводів із повітрорудувними машинами, а також монтаж трубопроводів на опорах із амортизуючими прокладками;
- використання звукоізолюючих кожухів для ізоляції особливо гучного обладнання від виробничих приміщень;
- застосування звукоізолюючих і звукопоглинальних матеріалів;
- використання індивідуальних засобів захисту від шуму та вібрацій.

Для запобігання нещасним випадкам під час роботи з краном необхідно дотримуватися наступних правил техніки безпеки [20]:

- перед початком роботи машиніст повинен отримати спеціальний жетон, що дозволяє увімкнення механізмів;
- перед активацією будь-якого механізму обов'язково подавати звуковий сигнал.

Система управління електродвигунами унеможлиблює їх самостійну активацію при появі напруги після раптового відключення. Освітлювальні мережі підключено до ввідного автомата, і навіть при його відключенні напруга в мережі не переривається, що забезпечує постійне освітлення.

Корпуси панелей та шафи з ящиками опорів закриваються на замки для безпеки. Недостатнє освітлення може спричинити травматизм, негативно впливати на зір працівників та знижувати ефективність роботи. Тому слід забезпечити відповідний рівень освітленості на робочих місцях як у денний, так і в нічний час.

Розрахунки освітлення:

Проведемо розрахунок освітленості у корпусі для роздягання злитків. Розміри приміщення становлять 72×34 метри, а згідно з нормами БНіП II–4–79 заданий рівень освітленості складає 150 люкс. Освітлення забезпечується світильниками прямого світла при напрузі 220 В. У мережі використовуються лампи потужністю 1000 Вт.

Необхідно визначити загальну потужність освітлювальної установки та кількість ламп, потрібних для забезпечення рівномірного освітлення. Для цього розрахунок буде проведено методом ватів, де потужність освітлювальної установки приміщення визначається за відповідною формулою

$$W_1 = \frac{ESK}{1000E_{cp}} = \frac{75 \cdot 2448 \cdot 1,5}{1000 \cdot 4,7} = 58,6 \text{ кВт},$$

де E – нормована освітленість, $E = 75 \text{ лк}$;

S – площа освітленої ділянки, $S = 72 \cdot 34 = 2448 \text{ м}^2$;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення ламп и освітлювальної арматури, при середніх виділеннях кіптяви, пилу и диму, $K = 1,5$;

E_{cp} – середня горизонтальна освітленість, визначаємо по таблиці при $U = 220 \text{ В}$ і потужності лампи $W_2 = 1,0 \text{ кВт}$, $E_{cp} = 4,7 \text{ лк}$.

Необхідна кількість ламп

$$n = \frac{W_1}{W_2} = \frac{58,6}{1,0} = 58,6 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість ламп $n = 59 \text{ шт}$., що забезпечує рівень освітлення згідно СН 2527 – 82 [20].

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до вимог СНіП № 539 від 28.10.2003 року кожен працівник забезпечується спеціальним одягом і засобами індивідуального захисту.

Працівникам цехів надаються засоби індивідуального захисту згідно з чинними нормами:

- засоби для захисту органів дихання від шкідливих речовин, як-от респіратори та пилозахисні маски типу «Пелюстка»;
- спеціальний одяг, включно з комбінезонами, куртками, брюками тощо, що захищає тіло від впливу хімічних, термічних і механічних чинників навколишнього середовища;
- спеціальне взуття для захисту ніг від механічних пошкоджень;
- рукавички для захисту рук від механічного впливу;
- засоби захисту голови, такі як каски з амортизаторами або повстані шоломи для захисту від теплового випромінювання;

- засоби для захисту обличчя від термічних впливів, зокрема сітчасті захисні маски або прозорі щитки для захисту від відлітаючих частинок;
- обладнання для захисту під час зварювання, яке запобігає потраплянню іскор, пилу або бризок металу (щитки із фібри зі спеціальними скельцями);
- пристрої для захисту органів слуху від шуму, як-от захисні навушники, шоломи, вушні затички або вкладиші;
- окуляри різних типів для захисту очей від механічних, хімічних, енергетичних пошкоджень або заслеплення електроенергією.

Перелік засобів індивідуального захисту для працівників цехів, їхня щорічна потреба та періодичність видачі наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Періодичність видачі ЗІЗ згідно річній потребі

Професія або посада	Кількість людей за професією	Спецодяг, спецвзуття і інші засоби індивідуального захисту	Терміни носки міс.	Загальна кількість на рік, шт
Слюсар - ремонтник	36	Костюм бавовняний	12	36
		Черевики	12	36
		Чоботи кирзові	12	36
		Валянки	36	36
		Рукавиці	1	396
		Окуляри	6	72
		Каска	36	36
		Підшоломник	12	36
		Куртка ватяна	36	36

Джерело: розроблено автором

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Виробничий процес у цеху підготовки составів (відділення роздягання злитків) відповідно до санітарно-гігієнічних норм СНіП 2.09.04-87 належить до групи 2б. Для цієї групи передбачено наявність таких побутових приміщень: душові, вмивальні кімнати, пункти харчування, туалети, пункти питної води та здоровпункт [20].

Гардеробні кімнати використовуються для зберігання як домашнього, так і спецодягу, і їх кількість визначають, виходячи з числа працюючих із врахуванням 5% резерву. Кожен працівник забезпечується індивідуальною шафою для одягу.

Інші приміщення прораховують відповідно до кількості працівників найбільш завантаженої зміни.

Кількість душових сіток встановлюється за нормою — одна сітка на трьох осіб. У вмивальнях крани розраховуються із співвідношення: один кран на 20 працівників.

Душові та умивальні розташовані поруч із вбиральнями.

Для харчування працівників передбачена їдальня, розрахована за нормою: одне місце на чотири особи.

Для поповнення запасів вологи та мінеральних солей у цеху встановлені питні фонтанчики та автомати з підсоленою газованою водою. У теплу пору року працівників забезпечують білково-вітамінним напоєм. Джерела питної води розташовані на відстані не більше 75 метрів від робочих місць. Їх кількість визначається з розрахунку один питний пристрій на сто осіб.

Вбиральні знаходяться також на відстані не більше 75 метрів від робочих місць. Кількість санітарних приладів у них розрахована за нормою: один прилад на п'ятнадцять осіб.

Працівники цеху, які працюють цілодобово, обслуговуються медичним пунктом другої категорії.

Монтаж модернізованого обладнання виконує ремонтний персонал цехів комбінату, тому додаткових санітарно-побутових приміщень не потрібно.

3.3 Пожежна профілактика

Пожежна безпека об'єкта забезпечується комплексом заходів, які включають систему запобігання пожежам, систему пожежного захисту та організаційні дії. У будь-яких умовах важливо гарантувати як пожежну безпеку об'єкта, так і безпеку людей.

Основними заходами для попередження пожеж є усунення можливостей виникнення горючого середовища та джерел займання.

Система пожежного захисту передбачає використання негорючих або слабогорючих матеріалів, обмеження кількості горючих речовин, ізоляцію горючого середовища, запобігання розповсюдженню вогню, застосування ефективних засобів гасіння пожеж, організацію евакуації людей без перешкод, забезпечення колективних і індивідуальних засобів захисту, впровадження протидимових систем, використання сигналізаційних і комунікаційних засобів, а також створення пожежної охорони об'єкта [20].

Організаційні заходи у сфері пожежної безпеки включають такі аспекти:

- організація пожежної охорони об'єкта спеціалізованими формуваннями;
- розроблення та реалізація правил і норм пожежної безпеки, а також дотримання встановленого протипожежного режиму і заходів із ліквідації наслідків пожеж;
- проведення навчання працівників і населення з питань пожежної безпеки.

Виробничий процес на ділянці стріперного відділення за показниками вибухонебезпеки, вибуховопожежної та пожежної небезпеки, відповідно до

вимог СНіП 2.09.02-85, належить до категорії «Г». Це обумовлено тим, що тут обробляються негорючі матеріали, такі як сталеві злитки у виливницях у розжареному стані.

Будівля цеху виконана з негорючих матеріалів, зокрема металоконструкцій, цегли, залізобетону, скла та інших подібних елементів. Згідно з вимогами СНіП 2.01.02-85, вона відповідає II ступеню вогнестійкості.

Можливі джерела виникнення пожеж на ділянці включають:

- загоряння електрообладнання через перевантаження, перегрів або короткі замикання (клас пожежі – Е);
- займання паливно-мастильних матеріалів внаслідок іскор електричного чи механічного походження, впливу тепла від нагрітих об'єктів або відкритого вогню (клас пожежі – В);
- самозагорання просоченого олією дрантя (клас пожежі – А).

Ризик виникнення пожежі на території стріперного відділення знижений завдяки впровадженню таких заходів:

- встановлення систем управління електрообладнанням із автоматами максимального струмового захисту та плавкими запобіжниками;
- обмеження кількості займистих мастильних матеріалів до рівня добової потреби, при цьому решта матеріалів зберігається у спеціально обладнаному складі з протипожежним захистом;
- винесення трансформаторних кіосків за межі виробничого приміщення;
- збір промаслених ганчірок після використання в металевих ящиках з герметичними кришками, їх вивезення в кінці зміни з цеху та утилізація шляхом спалювання в спеціально визначених місцях;
- відведення статистичного заряду в землю через заземлювальну мережу. Імовірність ураження будівель блискавкою знижена завдяки установці системи захисту від блискавки II категорії, яка відповідає стандарту СІ 305-77.

Для забезпечення пожежної безпеки у цеху передбачено застосування первинних засобів пожежогасіння відповідно до «Правил пожежної безпеки в Україні».

Основними засобами є ручні вогнегасники. Крім того, на пожежних щитах встановлено спеціалізовані інструменти, такі як лопи, багри, сокири, лопати та відра. Також біля щитів знаходяться ящики з піском. Щити розміщені у видимих та легкодоступних місцях неподалік від виходів із будівлі. Перелік наявних вогнегасників представлений у таблиці 3.3.

Для гасіння пожеж за допомогою води використовується пожежний водопровід, інтегрований з виробничою системою. У приміщенні ділянки на мережі встановлено пожежні крани, оснащені брезентовими рукавами та відведеннями. Зовні будівлі навколо її периметра розташовано пожежні гідранти в підземних колодязях.

Для забезпечення доступу на дах передбачено пожежні сходи, які закріплені на стіні будівлі.

Таблиця 3.3

Перелік вогнегасників

Категорія приміщення	Площа приміщення, м ²	Кол. пож.	Пінні вогнегасники ємн. 10 л	Порошкові вогнегасники ємн., л			Хлоробні вогнегасники ємн. 2 л	Вуглекислотні вогнегасники ємн. 10 л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
Г	800	В	2	-	2	1	-	-	-
		С	-	4	2	1	-	-	-
		А	2	4	2	1	-	-	-
	1800	Д	-	-	2	1	-	-	-
		Е	-	2	2	1	2	4	2

Джерело: розроблено автором

Щити пожежної безпеки розміщені по території цеху із розрахунку один щит на 5000 м². Комплектація щиту є така:

- порошкові вогнегасники – 3 шт;
- ємності із піском – 1 шт;
- покривало спеціальне із матеріалу незгоряємого – 1 шт;
- багор – 2 шт;
- лом – 2 шт;
- лопати штикові – 2 шт;
- сокири пожежні – 2 шт.

Система автоматичного пожежогасіння у проекті не запланована. Передача інформації до пожежної охорони здійснюється через диспетчера цеху. У разі пожежі евакуація персоналу цеху проводиться за пішохідними доріжками через основні та запасні виходи відповідно до плану евакуації [20].

ВИСНОВОК

Дана магістерська кваліфікаційна робота виявила основні недоліки поточної конструкції підлогової зливко-виштовхувальної машини, якими є такі аспекти:

- складність конструкції;
- недостатнє зусилля виштовхування;
- низька надійність;
- високі витрати на ремонт та обслуговування.

Запропонована в проекті машина має більш спрощену конструкцію. Завдяки використанню системи важелів вдалося суттєво зменшити навантаження на гідроциліндри. Конструкція є зручною для ремонту та обслуговування, а також має мінімальну кількість вузлів і деталей. Технічні рішення, представлені в проекті, підтверджені необхідними розрахунками.

Проведена модернізація забезпечить збільшення міжремонтного періоду і значно підвищить надійність роботи машини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машины та агрегати металургійних заводів. В 3-х томах. Т. 2. Машины та агрегати сталеплавильних цехів. Підручник для вузів / Целіков О.І., Полухін П.І., Гребенюк В.М. та інш. 2-е вид., перероб. та доп. Металургія, 1988 р., 432 стор.
2. Усачьов В.П. "Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів". У 2-х ч. Ч. 2. Технологічні основи компоновки ліній металургійних виробництв. Підручник для вузів: К.: ІСДО, 1994 р., 415 стор.
3. Правила технічної експлуатації механічного устаткування мартенівських цехів. ВНИИМехчермет. Дніпропетровськ, 1979 р., 204 стор.
4. Металургійні підйомно-транспортні машини. Підручник для вузів. 2-е вид., перероб. і доп. Кружков В.О. Металургія, 1989 р. 464 стор.
5. А.с. № 835634, МКІ В 22 D 29/06. Пристрій для виштовхування зливка з виливниці / В.І. Приземнов. №2673568/22-02; Заявл.17.10.78; Опубл.07.06.81, Бюл. № 21. 3 стор.
6. А.с. № 821058, МКІ В 22 D 29/06. Пристрій для виштовхування зливка з виливниці / В.І. Приземнов. №2792227/22-02; Заявл.09.07.79; Опубл.15.04.81, Бюл. № 14. 5стор.
7. А.с. № 1103943, МКІ В 22 D 29/06. Пристрій для виштовхування зливка з виливниці / С.В. Левін, І.Т. Ядловський, В.Н. Городничий і В.М. Приходько. № 3573446/22-02; Заявл.06.04.73; Опубл.23.07.84, Бюл. № 27. 1стор.
8. А.с. № 927413, МКІ В 22 D 29/06. Пристрій для виштовхування зливка з виливниці / В.В. Кауров, Л.Є. Клячко, В.В. Роговенко і А.О. Руденко. №2802988/22-02; Заявл.30.07.79; Опубл.15.05.82, Бюл. № 18. 5 стор.
9. Конспект лекцій з дисципліни "Гідравлика, гідро- та пневмо приводи" за спеціальністю "Металургійне обладнання". В.О. Марутов. Кривий Ріг., 2004 р. 89 стор.

10. Марутов В.А. Розрахунок та конструювання лінійних гідродвигунів (гідроциліндрів) промислового обладнання автоматизованого виробництва. Навч. посібник. К.: УМК ВО, 1991 р. 116 стор.
11. Степунін І.М., Скрицький В.Я. Гідравлічне обладнання в 2-х т. Каталог – довідник. 1977 р.
12. Розрахунок та проектування деталей машин, ч. 2. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Х. Вища шк., 1987 р. 144 стор.
13. Гідравлічний привод верстатного та промислового устаткування. Навч. Посібник / Марутов В.О. К.: ІСДО, 1993. 84 с.
14. Плахтін В.Д. Надійність, ремонт та монтаж металургійних машин. Металургія, 1983 р. 415 стор.
15. Притикін В.Д. Надійність, ремонт та монтаж металургійного обладнання. Металургія, 1985 р. 368 стор.
16. Седуш В.Я. Надійність, ремонт та монтаж металургійного обладнання. Київ: Вища школа, 1976 р. 228 стор.
17. Касаткін Н.Л. «Ремонт та монтаж металургійного обладнання». Видавництво «Металургія», 1970 р., 2-е изд., 312с.
18. Автоматизовані мастильні системи та пристрої. Машинобудування, 1982 р. 176 стор.
19. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. Т. 1. - 5-е вид., перероб. і доп. Машинобудування. 1979 р. 728 стор.
20. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ПП "Ліра ЛТД", 2005 р. 850 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій

про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату

та розміщення в Репозитарії Університету

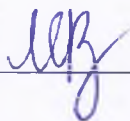
Я, *Марушак Владислав Андрійович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

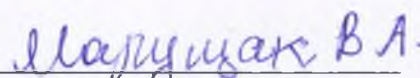
Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота *«Механічне обладнання цеху підготовки составів Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конструкції підлогової зливко-виштовхувальної машини»* виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

15.01.2026




(ініціали, прізвище, власноруч)